Funkschau 6

Rundfunk- und Fernsehtechnik, Elektronik, Hi-Fi, Audiovision, Mikrocomputer

52. Jahrgang
14. März 1980
DM 3.50
öS 33.– sfr 3.50

ICs für Abstimmgleichlauf
Kann Elektronik wohnlich sein?

Mikrocomputer: Ein (fast) ideales Speichermedium
Bauanleitung: Aussteuerungsmesser mit Leuchtdiodenskala

„Wellenreiten" im Urlaub

Nun schwärmen sie bald wieder in alle Welt aus – die Urlauber, froh, den Arbeitsalltag für wenige Wochen hinter sich zurücklassen zu können. Allerdings, manches, an das sie zu Hause gewöhnt sind, möchten viele Ferienreisende auch im Urlaub nicht missen. Dazu gehören z. B. Informationen über die nationale und internationale Politik, über sportliche Ereignisse – die olympischen Sommerspiele stehen vor der Tür (?) – und, im Urlaub besonders wichtig, über die Wetteraussichten.

Über all das berichten die Massenmedien. Aber wie kommt man im fernen Ausland an diese Informationen, wenn man der Landessprache nicht oder nur mangelhaft mächtig ist? Der Ausweg: Empfang der heimatlichen Rundfunksender. Dazu ist vielfach nicht einmal ein großer und schwerer Weltempfänger notwendig, oft haben kleine Taschenempfänger mit mehreren gespreizten KW-Bändern erstaunlich gute Empfangsleistungen.

Der Rundfunk-Fernempfang – das DXen, vor allem auf Kurzwelle – ist übrigens auch als Hobby wieder stark im Kommen. Die Hersteller haben sich bereits auf diesen Trend eingestellt, wie man unschwer aus ihrem Angebot entnehmen kann. Beim Kauf eines entsprechenden Gerätes sollte man aber vorsichtig sein und immer nach der FTZ-Nummer fragen, damit es später einmal keine bösen Überraschungen gibt. Viele gutgläubige Käufer von Weltempfängern, die den durchgehenden Empfang von Langwelle bis zum VHF-Bereich erlauben, wurden hierzulande bereits vor den Kadi zitiert und wegen des „Besitzes eines Empfangsgerätes mit unzulässigen Empfangsbereichen" verurteilt.

Zweckmäßig ist es natürlich, sich bereits vor Antritt der Reise darüber zu unterrichten, welche Heimatsender man wo, wie und wann empfangen kann. Die Rundfunkanstalten geben gerne Auskunft über die Empfangsmöglichkeiten ihrer Sender im Ausland und über spezielle Feriensendungen. Sie freuen sich aber auch über Empfangsberichte, denn wie gut die Sendungen im Ausland zu empfangen sind, läßt sich nur am Empfangsort beurteilen.

Vielfältige Informationen über Empfangsmöglichkeiten deutscher Sender und deutschsprachiger Auslandssender in Europa, Nordafrika und Nahost bietet auch der FUNKSCHAU-Urlaubs-Service, unsere große Urlaubssender-Tabelle, die in diesem Jahr wieder in Heft 10, also rechtzeitig zu Beginn der Hauptreisezeit, veröffentlicht wird. Sie enthält auch – rund um die Uhr geordnet – deutschsprachige KW-Sendungen aus dem Ausland sowie eine Zusammenstellung der speziellen Ferienprogramme und der Sonder-Feriensender des Auslands für deutsche Touristen, ein Service, den viele Länder ihren Gästen bieten. Allerdings – die Programme dieser Sender werden von den Gastgebern gemacht und entsprechen daher der jeweiligen politischen Weltanschauung. Bei der Übertragung der Fußball-Bundesliga-Ergebnisse dürfte das jedoch kaum eine Rolle spielen...

Ulrich Radke

Ulrich Radke

Leitartikel — „Wellenreiten" im Urlaub 5

Leserbriefe 8

FUNKSCHAU aktuell
Gebrauchstest Philips VCR 2020 ... 11
200 MByte auf einer 12-cm-Platte .. 12
Österreich begann mit Teletext 12
Fernsehen mit Zweikanalton 14

Informationen 47

FUNKSCHAU express
Siemens produziert für 2 Mrd. DM Bauelemente 57
Aktuelle Nachrichten 55, 56, 58

Trend-Untersuchung
Wird die Verhaltensabhängigkeit der Bevölkerung vom Fernsehgerät zunehmen? 59

Rundfunktechnik
ICs für Abstimmgleichlauf 61

Audiovision
Magnavision – Das erste marktfähige Videoplattensystem, 2. Teil 63

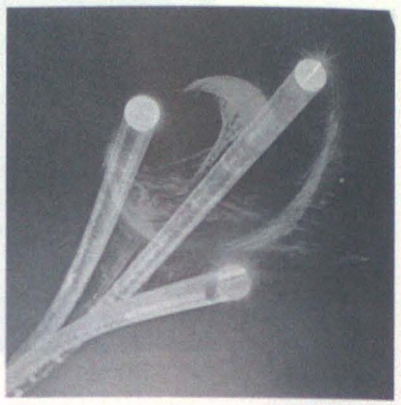
Farbfernsehtechnik
Nur noch ein Farbgerätechassis für alle Bildschirmgrößen 65

Optoelektronik
Optische Keramiken – Auf dem Weg zur Kamera ohne bewegte Teile 68
Optokoppler mit AC/DC-Schaltschwelle 70
Sicherheitsnorm für Lasereffekte ... 70
AEG-Telefunken vergrößerte Fertigungskapazität für optoelektronische Bauelemente 70
Fotoelektronische Senderelemente 71
Fotoelektronische Detektoren 79
Helium-Neon-Laser mit vielfältiger Einsatzmöglichkeit 82
Grundlagen der optischen Datenübertragung 83
Fotosensor-Verstärker-Kombination 86
LED-Skala im DIL-Gehäuse 86
Poster: Siebensegment-Anzeigen 88
Solarzellen 91

Grundlagen
Bauelemente in Theorie und Praxis, 5. Teil 99

Elektroakustik mit Hi-Fi
PCM 101
Kann Elektronik wohnlich sein? 103

Zum Titelbild:



Glasfasern haben sich in letzter Zeit als Übertragungsmedium bewährt und werden in Zukunft immer mehr an Bedeutung gewinnen. Neben den technischen Möglichkeiten bieten sie aber auch einen optischen Reiz: Mit sichtbarem Licht angestrahlt, entstehen vielfältige Lichtstrukturen.
(Aufnahme: Studio Jürgen Engelmann)

Optoelektronik

Ab Seite 67

Die Optoelektronik ist ein Teilgebiet der Elektronik, dessen Bedeutung immer mehr zunimmt. Wir berichten daher in diesem Sonderthementeil, der 30 Seiten umfaßt, über die Physik und die Technik optoelektronischer Bauelemente sowie über einige Anwendungsmöglichkeiten. Behandelt werden u. a. optische Keramiken, fotoelektronische Senderelemente und Detektoren (im sichtbaren und im Infrarotbereich strahlende LEDs, Laserdioden, Fotodioden, Foto-Pin- und Foto-Avalanche-Dioden sowie Fototransistoren), Solarzellen und die Grundlagen der optischen Datenübertragung. Ein Poster zeigt in übersichtlicher Form Ansichten, Anschlußbelegungen und die wichtigsten technischen Daten von Siebensegment-Anzeigen.

Inhalt

Ein (fast) ideales Speichermedium

Seite 105

Es gibt zahlreiche Anwendungsfälle von Mikrocomputern – auch im Hobby-Bereich –, in denen die Benutzung zusätzlicher externer Speicher unumgänglich ist. Hier bietet sich als (fast) ideale Methode der Datenaufbewahrung die Aufzeichnung auf runden Magnetfolien, den Floppy-Disks, an, auf denen sich mehr als 100 kByte speichern lassen. Der Beitrag beschreibt das „Disk Operating System" (DOS) des Mikrocomputers Apple-II, das zu den komfortabelsten heutiger Basic-Computer gehört.

Aussteuerungsmeßgerät mit Leuchtdiodenskala

Seite 113

Zum Einmessen von Tonbandgeräten benötigt man eine trägheitslose Spitzenwertanzeige des Signals, die im Amateurbereich höchstens ±0,25 dB Fehler aufweisen sollte. Das läßt sich mit LED-Zeilen und einer Anzeige im logarithmischen Maßstab mit vertretbarem Aufwand verwirklichen. In der Praxis hat sich eine Zahl von 70 LEDs für den gesamten Meßbereich von 55 dB als ausreichend erwiesen. Im Bereich um 0 dB beträgt die Auflösung des in dieser Bauanleitung beschriebenen Gerätes 4 LED pro dB.

Mikrocomputer

Ein (fast) ideales Speichermedium – Das Disk-Operation-System (DOS) des Euro-Apple 105
Programme für Kleincomputer und Taschenrechner 107
Die „nullte Seite" auf einen Blick ... 108
Hexadezimal-dezimal und zurück – ganz einfach 108
MZ-80 K – ein Computer aus Japan 109
Video-Anschluß für den AIM-65 111
Basic-Erweiterung für AIM-65 und PC-100 112

Praxis & Hobby

Aussteuerungsmeßgerät mit Leuchtdiodenskala 113
Fade-Out-Treppenlichtautomat 117
Einfache Zeitbasis 118

Werkstattpraxis

Senkrechte Streifen 119
Kein Bild mehr nach kurzer Betriebszeit 120
Bild dunkel 120

Rubriken

Neue Bücher 121
Neue Druckschriften 122
Neuheitenmarkt 125

letzte nachricht

Am 28. Februar verlieh der Vorsitzende der Jury des 12. Philips-Europa-Wettbewerbs für Jungforscher und Erfinder, Prof. Hoimar von Ditfurth, dem 18jährigen Schüler Bernhard Klosse einen 2. Preis für die Entwicklung eines geräuschgesteuerten Lautstärkereglers.

Letzterer nimmt die Lautstärkeeinstellung bei plötzlich einsetzenden Geräuschen automatisch vor. Klosse besucht das Gymnasium an der Schweizer Allee in Dortmund. Er ist Abonnent der FUNKSCHAU. Wir werden die Schaltung demnächst beschreiben.

Leserbriefe

Zuschriften unserer Leser sind immer willkommen – Kürzungen müssen wir uns vorbehalten.

Funkuhr mit Mitternachtsdetektor

FUNKSCHAU 1979, Heft 26, Seite 1527

Die angegebene Überlagerungs-Empfänger-Schaltung für DCF 77 wird bestimmt allgemeines Interesse hervorrufen, auch die Geradeaus-Empfängerschaltung besticht durch ihre Einfachheit. Die nachfolgende Logik finde ich ebenfalls originell.
Zu dem Printvorschlag für die Logik möchte ich bemerken, daß unbenutzte Gattereingänge bei CMOS-Schaltgliedern nicht offen bleiben dürfen.

Siegfried Pohl, Barntrup

Selbstaufnahme von Digital-Ton- und -Videoplatten

FUNKSCHAU 1979, Heft 26, Seite 8

Die Idee des Herrn Kanlertz ist – trotz des erforderlichen hohen technischen Aufwandes – wirklich gut. Ich meine, wenn schon ein neues Plattensystem weltweit eingeführt werden soll, dann auch gleich Nägel mit Köpfen machen. Zur Zeit wird ja an mehreren Systemen gleichzeitig entwickelt, und mindestens eines davon müßte doch so verbraucherfreundlich gemacht werden können, daß auch Eigenaufnahmen möglich wären. Man muß außerdem folgendes bedenken:

1. Der Privatmann will keine riesige Überspielanlagen für tausende von Platten; er will nur eine einzige Platte für sich selbst überspielen.
2. Ein Gerät, das eine einzige Platte aufnehmen kann, könnte genau wie ein Kassettenrecorder von jedermann bedient werden.
3. Würde man heute Plattenspieler in Stückzahlen bauen wie Plattenschneidgeräte, wäre ein Plattenspieler unbezahlbar. Der Verfasser des Briefes geht aber von einer rationellen Serienfertigung aus.
4. Die ersten Farbfernsehgeräte und Videorecorder konnten sich nur die reichsten Leute leisten; und wie sieht es heute aus? Natürlich wird es auch beim digitalen Plattenspieler eine Weile dauern, bis er für jeden erschwinglich sein wird; dasselbe gilt auch für „digitale Plattenrecorder".

Die Aufnahmeapparatur setzt sicherlich auch keine total staubfreie Wohnung voraus, ein staubdichtes Gehäuse würde vielleicht auch genügen.
Auf einen Nenner gebracht: statt sinnloser Zusatzeinrichtungen an Hi-Fi- und Fernsehgeräten wie Muting, Bildeinblendungen eines anderen Senders usw., sollte man sich lieber auf die Entwicklung eines brauchbaren und handlichen Datenträgers für den Hausgebrauch konzentrieren, mit dem auch Eigenaufnahmen gemacht werden können.

Manfred Koch, Brigachtal

Festkomma-Addition und Subtraktion mit dem Z 80

FUNKSCHAU 1980, Heft 1, Seite 93

Das Programm hat leider einen „Schönheitsfehler": Es zeigt keinen Übertrag im Ergebnis. Das Carryflag (Übertrag) zwischen zwei aufeinanderfolgenden Bytes wird berücksichtigt (Befehl: ADC = addiere mit Carry), aber im Endergebnis muß man ein anderes Verfahren wählen, um den Übertrag anzuzeigen. Man kann das Programm z. B. folgendermaßen erweitern:

```
3C6A  3E  LD A, n lade A mit 00
6B    00
6C    17  RLA verschiebe A nach links
6D    12  LD /DE/,A lade /DE/ mit A
6E    DF  RST 18H Breakpoint
```

Wenn kein Übertrag entsteht, wird die nächste Stelle des Speichers für das Ergebnis mit 00, im Falle des Übertrags mit 01 geladen. So entsteht ein richtiges Endergebnis. Register DE wurde schon im Schritt 3C 65 erhöht. Die Erweiterung kommt gerade noch mit dem Speicherplatz aus; die nächste besetzte Speicheradresse ist 3C 70.

Im Text zu Bild 4 sollte es richtig ADC statt ABC heißen.

Jan Hajek, Dortmund

Elektrische Sicherheit für Selbstbaugeräte

FUNKSCHAU 1980, Heft 2, Seite 90

Der Artikel trifft genau auf eine der Schwachstellen bei Selbstbaugeräten. Oft sind dem Bastler die entstehenden Gefahren wohl bewußt; er kennt auch die Schutzklassen und in etwa deren Inhalt. Er kann sich aber in einigen Fällen trotzdem nicht helfen. Handelt es sich z. B. um einen Zusatzverstärker oder ein Effektgerät (Hall, Phasing...) mit eigenem Netzanschluß und wegen der Abschirmung im Metallgehäuse, dann wird es schwierig. Die Nf-Ein- und Ausgänge werden meist über sog. Dioden- oder Klinkenbuchsen angeschlossen. Diese liegen elektrisch an Masse, werden also in das Chassis (hier Gehäuse) montiert. Das Gehäuse soll mit dem Schutzleiter verbunden sein, andererseits ist es über die Abschirmung des Nf-Kabels mit dem Hauptgerät verbunden. Schon ist die bekannte „Brummschleife" fertig.

Ein Aufbau in Schutzklasse II ist für den Amateur oder Bastler schlecht zu verwirklichen. Das Beschaffungsproblem dürfte sehr groß werden. Auch müßten Schalterknebel und Achsen isoliert sein. Aber noch wichtiger: Wer garantiert, daß kein unisolierter Stecker eingeführt wird? Bei den 6,3-mm-Klinkensteckern versagt die Vorstellung für eine vollisolierte Ausführung.

Die Industrie hat es hier wahrscheinlich auch nicht leicht. Ich denke besonders an Bühnengeräte. Dies Gesagte könnten die Gedanken eines Bastlers oder Bausatzkäufers sein.

Siegfried Pohl, Barntrup

FDP setzt sich für CB-Funker ein

FUNKSCHAU 1980, Heft 2, Seite 35

Ich muß mich doch sehr darüber wundern, wie Sie auf Parteipropaganda im Wahljahr hereinfallen. Es ist gerade ein paar Monate her, daß FDP und SPD in schöner Eintracht den Antrag der CDU/CSU auf mehr CB-Kanäle und weitgehende Liberalisierung abgelehnt haben. Nun versucht die FDP mit Hilfe der Fachpresse bei den CB-Funkern auf Stimmenfang zu gehen. 1979 hätte die FDP Gelegenheit gehabt, gemeinsam mit der CDU/CSU für mehr CB-Kanäle zu stimmen. Sie hat es nicht getan – aber 1980 ist ein Wahljahr, und da ist wohl jede Propagandamache recht.

Frank Kirchner, Dortmund

Industrie INLAND

50 000 Handfunksprechgeräte Teleport VII hat AEG-Telefunken bisher produziert; das Jubiläumsgerät wurde am 18. Dezember 1979 dem Berliner Polizeipräsidenten Hübner überreicht. Die Geräte werden im Berliner Werk Sickingenstraße hergestellt, das 1600 Mitarbeiter mit der Fertigung von Sprechfunkanlagen beschäftigt. Teleport VII war im Jahr 1973, als es eingeführt wurde, das kleinste und leichteste Funksprechgerät seiner Klasse. Inzwischen ist eine ganze Familie von Teleport VII entstanden, die sowohl im 80- als auch im 160- oder im 460-MHz-Bereich mit 0,05, 1 oder 2,5 W Sendeleistung arbeiten. Ein explosionssicheres Modell „VII Ex" ist für Sondereinsätze in der Chemie und im Bergbau vorgesehen. Die Normalgeräte arbeiten mit zehn Betriebskanälen, das neue Teleport VIII jedoch mit 50.

Die Siemens Electrogeräte GmbH, München, wird den Vertrieb der von Grundig gefertigten Videokassettengeräte System Video 2000 aufnehmen. Dieser Beschluß könnte eine Signalwirkung für andere Unternehmen zugunsten dieser europäischen Technik auslösen. – Video 2000 wurde bekanntlich von Philips und Grundig gemeinsam entwickelt; beide Firmen fertigen ihre Geräte selbst, beide sind kompatibel, aber nicht baugleich. Grundig begann Anfang Februar mit der Erstauslieferung an den Handel, Philips will Mitte/Ende März folgen. Einen ersten Gebrauchstest des Philips VCR 2020 (System Video 2000) veröffentlichen wir in diesem Heft auf S. 11. An die Übernahme des Systems Video 2000, Bauart Grundig, wurden Gerüchte angehängt, denen zufolge sich Siemens an Grundig zwecks Sicherung seiner Bauelementelieferung mit 10 % beteiligen wolle. Beide Firmen dementierten.

Rendite gehe vor Umsatzausweitung, verkündete die Leitung der Uher-Werke und begründete damit die Ausschaltung des Großhandels; man ziehe einen einstufigen Vertrieb (ähnlich Nordmende) vor. Im Geschäftsjahr 1978/79 (endend 30.6.) kam es, auch wegen einer Sortimentsverschiebung, zu einem Umsatzrückgang um 2 auf 73 Mio. DM, ab Oktober 1979 zogen die Umsätze aber wieder an, obwohl die Zahl der belieferten Einzelhändler auf 1000 reduziert wurde. Nur noch 45 % des Gesamtumsatzes werden mit Spulentonbandgeräten gemacht, der Anteil von Kassettengeräten stieg an. 7 % des Umsatzes entfallen auf Sprachlehranlagen. Seit zwei Jahren, so betonte Geschäftsführer Gerhard Rolf vor der Presse, bewegt sich der Uher-Ertrag in schwarzen Zahlen, also im Plus. Das Unternehmen gehört bekanntlich zur Hoessrich-Gruppe, Oberursel/Ts.

Die bekannte Fabrik für Antennenmaterial und Kabel Karl Stolle KG. in Lünen mit Tochtergesellschaft Maybaum in Sundern/Sauerland stellte am 20.2.1980 beim Amtsgericht Dortmund den Antrag auf Eröffnung des Konkursverfahrens. Sollte es zur Stillegung beider Werke kommen, so wären 1000 Arbeitsplätze auf das höchste gefährdet. Schon Anfang der Woche, d. h. ab dem 18. Februar, wurden in Lünen 800 Mitarbeiter nach Hause geschickt. Seit dem 15. Februar stehen 800 000 DM Lohngelder aus. Das Unternehmen, das 15 Jahre besteht, schrumpfte seit 1976 bereits um 300 Mitarbeiter. Kenner des Marktes meinen, daß die Übernahme von Maybaum, anschließend als Maybaum Gerätebau GmbH & Co. weitergeführt, wohl der Anfang der Schwierigkeiten der Karl Stolle KG (Inhaber Karl Stolle und Otto Wolf) gewesen ist. Stolle/Maybaum dürften zuletzt noch 55 Mio. DM Umsatz gehabt haben bei einem Exportanteil von rd. 45 %.

Loewe Opta mußte 1979 einen kleinen Umsatzrückgang hinnehmen. Die Produktion von Geräten für Handelsmarken wurde eingestellt und der Kreis der belieferten Großhändler erneut verringert. In Zukunft werden nur noch rd. zehn Großhandlungen beliefert werden, die aber immerhin etwa 30 % des Inlandsabsatzes aufnehmen werden.

1979 konnten nach bisher vorliegenden vorläufigen Zahlen von der bundesdeutschen Industrie rd. 1,7 Mio. Farbfernsehgeräte exportiert werden. Das ist ein Rekordergebnis; 1978 betrugen die Ausfuhren „nur" 1,4 Mio. Geräte, was seinerzeit beinahe schon als ein Mirakel angesehen wurde. Dafür setzte die deutsche Geräteindustrie im Vorjahr im Inland 100 000 Farbempfänger weniger als 1978 ab. Das inländische Marktvolumen (Inlandsverkauf deutscher Hersteller plus Importe) erreichte 1978 rd. 2,55 Mio. Stück, 1979 dürften es 2,45 Mio. Stück gewesen sein.

Industrie AUSLAND

Matsushita Electric Industrial Co Ltd., Osaka/Japan, legte für das letzte, am 20. November 1979 geendete Geschäftsjahr einen Rekordabschluß vor – sowohl beim Umsatz als auch beim Gewinn. Während der Umsatz um 9 % auf 1,7 Billion Yen stieg, erhöhte sich der Reingewinn um 15 % auf 65,5 Mrd. Yen (100 Yen = 0,71 DM). Das Ergebnis ist um so erstaunlicher, als das Unternehmen mit allerlei zeitbedingten Schwierigkeiten wie einer zeitweiligen Schwäche des Yen und Exporthemmnissen in vielen Teilen der Welt zu kämpfen hatte, so daß der Export etwas zurückging. Der erwähnte Gesamtumsatz teilt sich auf zu 44 % auf alles, was zu den „drahtlosen Geräten" gehört (TV, Hi-Fi, Nachrichtengeräte etc.), zu 37 % auf weiße Ware; 5 % entfallen auf Batterien, 4 % auf Lampen und Röhren, 6 % auf Motoren und motorgetriebene Erzeugnisse sowie 4 % auf „Sonstiges". Das Ziel für das Geschäftsjahr bis 20.11.80: 1,8 Billion Yen Gesamtumsatz und 130 Mrd. Yen Reingewinn (!).

Wie Generaldirektor Dipl.-Ing. Henrik Öhquist von der Salora OY, Salo/Finnland, vor der Presse in München mitteilte, hat das Unternehmen jetzt 2300 Mitarbeiter, verteilt auf zwei Fabriken in Finnland und sechs Vertriebsorganisationen in Europa. Seit dem 1.7.78 besteht die Salora GmbH Bundesrepublik Deutschland in Hamburg unter Klaus E. Mertens. Salora setzte 1979 in Finnland für 200 Mio. DM um, die Tochtergesellschaften nochmals für 69 Mio. DM. Hergestellt werden SW- und Farbfernsehempfänger, Hi-Fi- und Funksprechgeräte. Der Export beläuft sich auf 70 %. 1979 konnten 200 000 TV- und 20 000 Hi-Fi-Geräte abgesetzt werden. Die beiden Gründerfamilien konnten dem Werk in der schweren Krise 1978/79 nicht mehr genügend Kapital zuführen, so daß das Unternehmen auf dem Umweg über Banken an den Mischkonzern Hollming kam, der im wesentlichen im Schiffsbau tätig ist. Die Kapitalbindung an die finnische Farbbildröhrenfabrik Finvalco OY ist gelöst, sie gehört jetzt allein der finnischen Staatsgesellschaft Valmet OY.
Die deutsche Vertriebsgesellschaft befand sich 1979 noch in der Anlaufphase; der Umsatz erreichte zunächst nur 15 Mio. DM; für dieses Jahr ist eine Verdoppelung vorgesehen, was rd. 25 000 Farbempfänger bedeutet. Der Vertrieb wird je zur Hälfte über 300 Stützpunkthändler und über einen Kreis ausgewählter Großhändler laufen, insgesamt will man 700 Händler erreichen. Es gibt keine Verbindung mit EH-Kooperationen!

Die Banken haben die Kapitalerhöhung bei AEG-Telefunken vereinbarungsgemäß am 17. Januar in Höhe von 930 Mio. DM gezahlt. Dieser Betrag ist z. T. bereits ausgegeben, zumindest aber voll verplant. Das Unternehmen erwartet aus Schuldscheindarlehen noch weitere rd. 450 Mio. DM, womit die finanzielle Sanierung geglückt sein dürfte. Auf der Ausgabenseite stehen der Betriebsverlust von 1979 mit 430 Mio. DM, Altlastverpflichtungen aus der Kraftwerksunion (an Siemens) mit 300 Mio. DM und Rationalisierungen und Sozialpläne mit 200 Mio. DM. Weitere große Ausgabenposten sind die Tilgung der 6-%-Wandelanleihe in Höhe von 112 Mio. DM (1981) und per 1.1.1983 die Übernahme der Mehrheit bei Telefonbau & Normalzeit in Höhe von 288 Mio. DM. Die mit 2 Mrd. DM angegebene langfristige Verschuldung von AEG-Telefunken braucht lt. Vereinbarung mit den Banken drei Jahre lang nicht getilgt zu werden, was jährlich einen Liquiditätsabfluß von 250 Mio. DM erspart. Aus dem Zinsverzicht der Banken kommen AEG-Telefunken jährlich weitere 40 Mio. DM zugute. 1983 bis 1988 müssen allerdings die neu zugeflossenen Mittel pro Jahr mit 400 Mio. DM getilgt werden, die es zu verdienen gilt – hier also liegt das Risiko der Geldgeber.

Zur Person

Reinhard Richter, Mitinhaber der Firma Richter & Co., Hannover/Düsseldorf, wird am 4. März 50 Jahre alt. Er gilt als einer der besten Kenner des Marktes für Amateur- und CB-Funkgeräte. Die 1963 gegründete Firma führt R. Richter (DJ 1 KM) zusammen mit seinem Partner H.-G. Fessel (DJ 3 KF); das Unternehmen widmet sich heute im wesentlichen dem Import von Amateurfunkgeräten aus Japan und den USA; die Distribution erfolgt hierzulande über das weitverzweigte RICOFUNK-Händlernetz.

Dipl.-Ing. Lothar Zwengel, 36, übernahm die Vertriebsleitung des Bereiches Instrumente und Systeme der Schlumberger-Firma Enertec in München. Er war zuletzt in Vertrieb und Applikation der Schlumberger-Tochterfirma Solartron tätig.

Hermann Laupsien, Vorsitzender der Technisch-Literarischen Gesellschaft, früher lange Jahre Redakteur der „Technischen Linie" im Handelsblatt, Düsseldorf, ist am 1. Februar 70 Jahre alt geworden.

Wolfgang Bredner, 37, wurde Leiter des Marketing-Bereiches der zur SEL gehörenden Unternehmensgruppe Audio, Video, Elektronik. Letztere entwickelt, fertigt und vertreibt Rundfunk-, Fernseh- und Phonogeräte der Marken ITT und Graetz. Bredner war vorher u. a. auch in Portugal und Holland tätig gewesen.

Karl-Heinz Stockhausen, einer der Großen auf dem Gebiet der elektronischen Musik, wurde Ehrenmitglied der American Academy of Arts and Letters. Die Urkunde überreichte der amerikanische Botschafter Walter J. Stoessel.

Gottfried Diehl, Seniorchef der Firma Radio Diehl, Frankfurt, feierte am 15. Februar seinen 75. Geburtstag. Man darf ihn mit Recht einen Oldtimer der Branche nennen. Am 1. April 1932 gründete er seine Firma, im Jahr 1936 gehörte er zu den Mitbegründern des Funkberaterringes und des Unionringes; aus beiden entstand nach dem Krieg die Einzelhandelskooperation Interfunk. Diehl ist auch Gesellschafter der AERA, eines Zusammenschlusses großer Radio-TV-Fachgeschäfte.

Handel und Vertrieb

Die zur ITT Bauelemente-Gruppe gehörende Elkose GmbH Elektronik Vertrieb zog mit Jahresbeginn in die Bahnhofstr. 44, 7141 Möglingen (Tel.: 0 71 41/48 71, Telex: 07 264 472). Hier konnte die Lagerfläche um 1000 m² auf 2000 m² vergrößert werden. Das Büro hat 800 m². Es sind rd. 40 000 verschiedene Bauelemente am Lager.

Wegen einer „explosiv zu nennenden Geschäftsausweitung" mußte die Commodore GmbH wesentlich größere Räume beziehen (Dornhoffstr. 38, 6078 Neu-Isenburg, Postfach 426, Tel.: 0 61 02/2 70 42). Commodore hat heute 65 Vertragshändler gegenüber 40 vor einem Jahr. Das amerikanische Stammhaus in Santa Clara/Kalif. fertigt in seinen verschiedenen Fabriken monatlich 12 600 Computer. Die Commodore GmbH erwartet für das laufende Geschäftsjahr eine Umsatzverdoppelung auf 40 Mio. DM; daran haben Computer vom Typ 2001 und cbm 3001 einen Anteil von 80 %.

Rohde & Schwarz und Tektronix haben vereinbart, daß letztgenannte Firma den Vertrieb und Service ab 1.1.1981 in der Bundesrepublik und West-Berlin selbst durchführt. Dann werden die einzelnen Büros der Rohde & Schwarz Vertriebs GmbH getrennt: Die US-Firma übernimmt die R & S Vertriebs GmbH mit den derzeit für Tektronix tätigen Mitarbeitern, während diejenigen Mitarbeiter, die bisher R & S- und andere Industrieprodukte betreuten, bei R & S bleiben. Das Münchner Unternehmen hat Tektronix seit 1955 in der Bundesrepublik vertreten und zu seiner heutigen Bedeutung geführt. – Von dieser Regelung ab 1981 ist die gemeinsame Wiener Firma Rohde & Schwarz-Tektronix Ges.mbH (RST) für Österreich und Osteuropa nicht berührt.

Die Werbung der Singapore Airlines Ltd. mit „zollfreiem Einkauf von Hi-Fi-Geräten in Singapur" wurde von der Akai International GmbH mit einer einstweiligen Verfügung gestoppt. Die Fluglinie wollte damit Flüge nach Singapur besonders schmackhaft machen. Diese Behauptung stimmt aber nicht, der deutsche Käufer muß in Singapur erworbene Geräte bei der Einreise in die Bundesrepublik und West-Berlin verzollen. Daß dabei Schwierigkeiten wegen der fehlenden FTZ-Prüfnummern und der nur im Ausland durchsetzbaren Gewährleistungsansprüche auftreten, sei nur am Rande erwähnt. Die Fluglinie mußte sich vor dem Landgericht Frankfurt verpflichten, derlei Werbung zu unterlassen.

Kurz berichtet

Die Telefunken Fernseh- und Rundfunk GmbH, Hannover, hat bereits mit zehn Firmen feste Lizenzverträge über die Übernahme des Rauschunterdrückungsverfahrens High-Com abgeschlossen, mit weiteren elf Unternehmen wird verhandelt, zu rd. 130 weiteren Firmen bestehen Kontakte. ● **Die beträchtliche Umsatzausweitung der internationalen Halbleiterindustrie verlangt sehr große Kapitalinvestitionen;** heute schon muß für je 2 Dollar Umsatzvergrößerung 1 Dollar investiert werden. Wegen der hohen Kapitalkosten ist die Rendite insbesondere der amerikanischen Halbleiterfirmen z. T. nicht ähnlich gestiegen wie die Umsätze. ● **Auf dem 4750 m hohen Monte-Rosa-Massiv in der Schweiz wurde ein mit einem Solarzellenpanel betriebenes Nottelefongerät installiert.** Leider traten immer wieder Schwierigkeiten auf, weil die Bergdohlen die Solarzellenbatterie mit ihrem Kot „verdüsterten". ● Die Nordrhein-westfälische Landesregierung **hat die Bundespost aufgefordert, mit der Verkabelung jenes Gebietes in Dortmund zu beginnen, das für die dortige Kabelfernseh-Pilotanlage vorgesehen ist.** Die Inbetriebnahme könnte Anfang 1983 erfolgen, man rechnet mit 15 000 bis 18 000 Teilnehmern. ● **1979 wurden allein im Land Hessen nicht angemeldete 31 646 Hörfunk- und 9922 Fernsehgeräte ermittelt.** Die kassierten Gebührenrückstände beliefen sich auf 1,3 Mio. DM. ● **Das im neuen ZDF-Fernsehzentrum Mainz-Lerchenberg zu installierende Computersystem mit 36 Prozeßrechnern für die automatischen Sendeabläufe wird von Krupp Atlas-Elektronik, Bremen, geliefert.** Die Software steuert die Mathematische Beratungs- und Programmierdienst GmbH, Dortmund, bei. ● **Am 24. Januar wurde in Husum das 2000. Telefaxgerät im Netz der Deutschen Bundespost angeschlossen.** Die Post bietet diesen Dienst seit Anfang 1979 an; die Teilnehmer können die Endgeräte sowohl von der Bundespost als auch von der Privatindustrie beziehen. ● **Plessey/England will an die UdSSR eine Lizenz zu Nachbau von Garrard-Plattenspielern vergeben, deren Bezahlung z. T. durch Rücklieferung von Plattenspieler-Motoren erfolgen soll.** ● Frankreich ist jetzt von der EG-Kommission **zum Einfuhrstopp von Fernsehgeräten aus Japan und Taiwan** und zum Einfuhrstopp von Rundfunkempfängern bestimmter Art aus Taiwan, Japan, Südkorea, Hongkong und Polen ermächtigt worden. Zeitraum: 1.1. bis 30.9.80.

Siemens produziert für 2 Mrd. DM Bauelemente

Bei der Vorstellung des neuen Sipmos-Leistungstransistorkonzeptes, über das noch berichtet werden wird, nannten die Firmensprecher einige interessante Einzelheiten des Bauelementegeschäftes. Ihren Worten nach gehört Siemens bei integrierten Schaltungen zu den zehn führenden Firmen in der Welt; bei diskreten Halbleitern nimmt das Unternehmen mit einen Weltmarktanteil von 7,5 % den Platz 2 oder 3 ein.

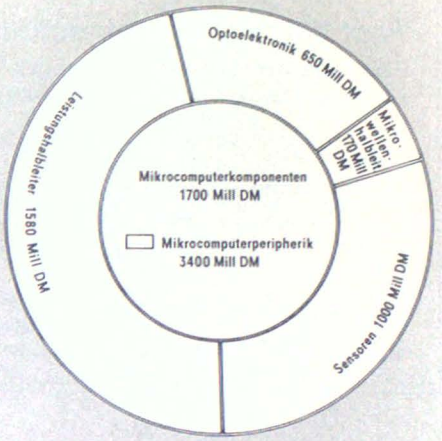
Der Gesamtumsatz des Unternehmensbereiches (UN) Bauelemente (Leitung: Dr.-Ing. Friedrich Baur) erreichte im Geschäftsjahr 1978/79 (30.9.) rd. 2 Mrd. DM einschließlich der Lieferungen im Hause selbst. Er gliedert sich wie folgt: 21 % IC, 25 % diskrete Halbleiter, 31 % (!) passive Bauelemente, 12 % Röhren, 11 % „Sonstiges" einschließlich Materialien. Hergestellt wird in 28 Fabriken, wobei das Engagement in den USA (4 Fabriken) und neuerdings in Japan besonders erwähnenswert ist. Überseefabriken gibt es noch in Brasilien, Malaysia, Singapur und Südafrika.

Über die weitere Entwicklung der Mikroelektronik sagte Dr. techn. Alfred Prommer, Leiter des Geschäftsbereiches Diskrete Halbleiter im UN Bauelemente, daß die Zukunft in jedem Jahr ein Wachsen des diskreten Halbleitermarktes um 4 % bringen dürfte, so daß das Marktvolumen der westlichen Welt auf diesem Sektor 1983/84 bei 9,1 Mrd. DM liegen wird. Kennzeichen werden die schnellen Innovationen sein, man könne mit einer Innovationsrate bis 1983/84 von 31 % rechnen.

Der Geschäftsbereich Diskrete Halbleiter bei Siemens mit 11 000 Beschäftigten in 14 Fertigungsstandorten soll 1979/1980 rd. 600 Mio. DM umsetzen, aufgeteilt in 45 % Kleinsignal-Halbleiter, 30 % Leistungshalbleiter und 25 % Opto-Halbleiter.

Es wurde besonders darauf hingewiesen, daß sich der Markt für Mikrocomputer in Westeuropa im Umbruch befindet. Der Aufwand für die eigentlichen Mikrocomputerkomponenten dürfte sich 1985 bei 1,7 Mrd. DM stabilisiert haben, die Peripherik aber dann schon 3,4 Mrd. DM erreichen (siehe Grafik). Das stimmt mit der allgemeinen Beobachtung im EDV-Bereich überein, wo die Aufwendungen für die Hardware ständig fallen, die für die Software aber beängstigend ansteigen.

Es ist nicht allgemein bekannt, daß die Siemens AG auf dem Gebiet des polykristallinen Siliziums eine besonders starke Stellung hat. Von den jährlich produzierten rd. 2000 Tonnen werden 80 % nach Siemens-Verfahren erzeugt. Die grundlegende Methode stammt aus dem Jahr 1953, als es Siemens gelang, erstmals Reinstsilizium (99,9999 % Reinheitsgrad) für die Halbleiterindustrie zu gewinnen. Siemens vergab das Verfahren in Lizenz und nahm daraus rd. 70 Mio. DM Gebühren ein, hinzu kommen 45 Mio. DM Erlös für Si-Erzeugungsanlagen, die das Unternehmen an seine Lizenznehmer lieferte. Dem stehen rd. 40 Mio. DM Entwicklungskosten gegenüber. – Siemens fertigt das im eigenen Haus benötigte und für fremde Rechnungen bestimmte Reinstsilizium in München-Freimann, wo inzwischen mit einem Aufwand von 20 Mio. DM auch die Produktionsstätte für die Sipmos-Leistungstransistoren entstand und wo rd. 1650 Mitarbeiter tätig sind. Dort soll im Herbst auch die Leitung des Geschäftsbereiches Diskrete Bauelemente einziehen. K. T.



Die Grafik zeigt den Markt für Mikrocomputer-Peripherik in Westeuropa im Jahr 1985, aufgeteilt nach Bauelemente-Technologien

Daß harte Arbeit jung erhält, bewies Paul Brömmelhaupt am 25. Februar, als er dem Kalender nach das 65. Lebensjahr vollendete. Vital, lebensklug und auf besondere Weise humorvoll, insgesamt ein Mann, für den Kooperation mit Mitarbeitern und Kunden keine Leerformel ist.

Als er im Oktober 1961 mit wenigen Mitarbeitern eine Radio-Phono-TV-Großhandlung in Köln gründete, billigte man ihm wenig Chancen zu. Großhandlungen gab es damals mehr als genug. Aber Paul Brömmelhaupt, ein von der Pike auf gelernter Großhändler und zuletzt Geschäftsführer eines solchen einschlägigen Unternehmens, wußte, was er tat. Heute leitet er eine der führenden Großhandlungen der Branche mit weit über 100 Mitarbeitern und mit Niederlassungen in Düsseldorf, Koblenz, Aachen, Mainz und Dortmund, der man eine strikt fachhandelsorientierte Vertriebspolitik nachsagt. Brömmelhaupt hatte frühzeitig erkannt, daß der Hi-Fi-Sektor zukunftsträchtig, aber auch service- und erklärungsbedürftig ist und daß man den Bauteilen und dem Zubehör viel Aufmerksamkeit schenken muß. Seine periodischen Veröffentlichungen „Wußten Sie schon?" und „Hier spricht der Betriebswirt" sind Fundgruben für alle jene, die sich auch volkswirtschaftlich orientieren wollen. Unvergessen auch sein 120seitiges Früh-Werk „Was tut die Industrie für den Fachhandel?". Wer es aufschlug, fand – 120 leere Seiten.

Paul Brömmelhaupt erfand die Bootsmessen, die alljährlich im Herbst viele hundert Kunden auf einem Ausstellungs-Schiff auf dem Rhein vereinen.

Seinen Berufskollegen dient er schon seit langen Jahren als 2. Vorsitzender des Verbandes Deutscher Rundfunk- und Fernseh-Fachgroßhändler. Daß somit wenig Zeit für Familie und Hobbies verbleibt, liegt auf der Hand, denn noch immer gilt der psychologisch geschickte Slogan des Hauses: „Brömmelhaupt immer für Sie da!"

Schwer zu glauben:

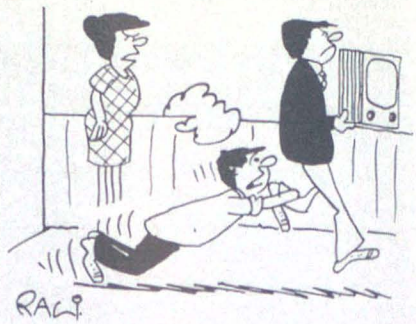
Paul Brömmelhaupt wurde 65

Fast 300 000 Gemeinschaftsantennen-Anlagen

Einer Statistik der Bundespost zufolge gab es per 1.1.1980 in der Bundesrepublik 295 656 genehmigte Gemeinschaftsantennen-Anlagen, und zwar

241 395 Anlagen für 2 bis 25 Wohneinheiten
45 793 Anlagen für 26 bis 100 Wohneinheiten
7 984 Anlagen für 101 bis 500 Wohneinheiten
362 Anlagen für 501 bis 1000 Wohneinheiten
122 Anlagen für mehr als 1000 Wohneinheiten

Das ergibt rd. 8 Mio. Wohneinheiten oder ca. 40 % aller Fernsehhaushalte. Die Zuwachsrate beträgt rd. 10 % pro Jahr. Wie die Bundespost weiter mitteilt, entspricht die Kanalkapazität der größeren Anlagen dem in der Luft vorhandenen Programmangebot.



"Ralf-Dieter, ich bitte dich - sie bringen ihn doch morgen wieder zurück...!"

Veranstaltungen und Termine

Kurz vor Anmeldeschluß zur Interkama 80 hatten sich 25 % mehr Aussteller als zur Interkama 77 angemeldet (die Veranstaltung findet bekanntlich nur alle drei Jahre statt). Bisher wurden 38 245 m² Nettofläche vermietet. Wahrscheinlich dürfte das Endergebnis lauten: Mehr als 1000 Aussteller auf 45 000 m². Die Interkama 80 findet vom 9. bis 15. Oktober 1980 in Düsseldorf statt, es ist die weltgrößte Fachmesse auf dem Gebiet der Meß- und Automatisierungstechnik. Der Kongreß wird erstmals am 8. und 9. Oktober durchgeführt und am 13. und 14. Oktober wiederholt! Auskünfte: Arbeitsgemeinschaft Interkama, Postfach 700969, 6000 Frankfurt/Main 70 oder Nowea Düsseldorf, Postfach 320203, 4000 Düsseldorf 30.

Dipl.-Ing. R. Schmidt, Jahrgang 1915, vollendet am 11. Januar sein 65. Lebensjahr und schied am 31. Januar nach mehr als 12jähriger Tätigkeit bei der Widerstandsfirma Beyschlag GmbH, Heide i. H., aus. Er war zuletzt Leiter des technischen Kundendienstes.

Direktor Dr. Wilhlem Abeck, 60, Leiter der Sparte Magnetband und des Werkes Perutz von Agfa-Gevaert starb am 5. Januar. Sein Name ist eng verknüpft mit dem Auf- und Ausbau der in München konzentrierten Magnetband-Produktion des Unternehmens.

Prof. Dr. Hans Maier, Bayerischer Staatsminister für Unterricht und Kultus, **Prof. Dr. Eberhard Witte,** Vorsitzender des Münchner Kreises, **Prof. Dr. Rolf Rodenstock,** Präsident des Bundesverbandes der Deutschen Industrie und **Dr. Bruno Weinberger,** Geschäftsführendes Präsidialmitglied des Deutschen Städtetages, bilden das Kuratorium der 4. Visodata, die vom 10. bis 14. Juni in München stattfindet.

Das bef-Seminar mit Bundesversammlung (bef = Bundesverband des Elektronik-Fachhandels e.V) findet vom 21. bis 23. März 1980 im Hotel Pergola, Rotenburg a. d. Fulda, statt. Es sind fünf Fachreferate vorgesehen. Teilnehmerpreis für Nichtmitglieder: 275 DM einschl. zwei Übernachtungen, Vollpension und Tagungsunterlagen. Auskünfte: bef, Ammerseestr. 99, D-8021 Neuried b. München.

Der Salon des Composants Electroniques 80 in Paris, die 25. Veranstaltung ihrer Art (vom 27. März bis 2. April, Sonntag, 30. März, geschlossen), entwickelt sich gut. Bis Mitte Januar hatten sich 1336 Hersteller aus 30 Ländern angemeldet, sie werden 37 000 m² Netto-Standfläche belegen (1979: 35 000 m²). 204 Aussteller sind erstmalig vertreten. Aus der Bundesrepublik Deutschland werden 156 Firmen kommen, aus den USA mehr als 300.

Produktionszahlen der bundesdeutschen Radio- und Fernsehgeräteindustrie

		Januar bis Nov. 1979	Dezember 1979	Januar bis Nov. 1978	Dezember 1978
Heimempfänger	Stück	**517 530**	**68 547**	539 060	65 259
	Wert (Mio. DM)	**235,7**	**27,1**	258,7	28,1
Reise- und Autoempfänger	Stück	**3 043 864**	**258 549**	2 969 148	288 397
	Wert (Mio. DM)	**854,2**	**79,9**	812,9	82,5
Kombinationsgeräte u. Musiktruhen	Stück	**357 386**	**16 988**	727 405	58 030
	Wert (Mio. DM)	**300,3**	**14,5**	624,7	55,0
Fernsehempfänger Farbe	Stück	**3 500 365**	**369 790**	3 656 268	362 778
	Wert (Mio. DM)	**3557,7**	**363,9**	3999,3	390,7
Fernsehempfänger Schwarzweiß	Stück	**292 959**	**17 159**	543 438	40 954
	Wert (Mio. DM)	**102,0**	**5,9**	184,4	14,2

Der Geschäftsbereich Audio-Video-Systeme der Philips GmbH wird auf der Hannover-Messe 1980 nunmehr mit einem eigenen Stand in Halle 14, dem „Fachmarkt Elektroakustik, Videotechnik und Sicherheitstechnik", vertreten sein (Nr. 115/214). Ausgestellt werden Ela- und fernsehtechnische Geräte und Anlagen, Kommunikationsanlagen und professionelle Magnetbandgeräte. Diese Produkte wurden bisher auf dem inzwischen aufgegebenen Stand im Erdgeschoß der Halle 12 gezeigt.

Die Ausstellung Computermarkt 80 mit dem Thema Mikro- und Kleincomputer, Zentralprozessoren, Peripheriegeräte, Software und Zubehör findet in Großbritannien sogleich viermal statt:

4. bis 6. März: Albany Hotel, Birmingham,
11. bis 13. März: New Century Hall, Manchester,
18. bis 20. März: Albany Hotel, Glasgow,
25. bis 27. März: West Centre Hotel, London.

Auskünfte: John Godley, Couchmead Ltd., 42, Great Windmill Street, London W1V 7PA.

Obwohl die ITT Intermetall, Freiburg/Br., erklärt hatte, die Hannover-Messe nicht mehr zu beschicken und tatsächlich den bisherigen Stand in Halle 12 aufgab, ist das Unternehmen dennoch in Hannover vertreten, und zwar vom 16. bis 20. April im Parkhotel Kronsberg, gegenüber dem Messegelände, täglich von 9 bis 16 Uhr.

Zwei NTG-Fachtagungen:

„Hörrundfunk" vom 5. bis 7. März in Mannheim, veranstaltet von Fachausschüssen der Nachrichtentechnischen Gesellschaft im VDE zusammen mit dem IRT, München. Themen sind u. a. Kunstkopftechnik im Hörfunk, Hörfunk über Satelliten, Zirkularpolarisation, Diversity-Empfang im Kraftwagen, digitale Tonübertragung und Automation.

„Richtfunk" vom 23. bis 25. April in München. Vorgesehen sind 32 Vorträge in- und ausländischer Spezialisten. Auskünfte: VDE, Stresemannallee 21, 6000 Frankfurt/M 70.

9. Trend-Untersuchung

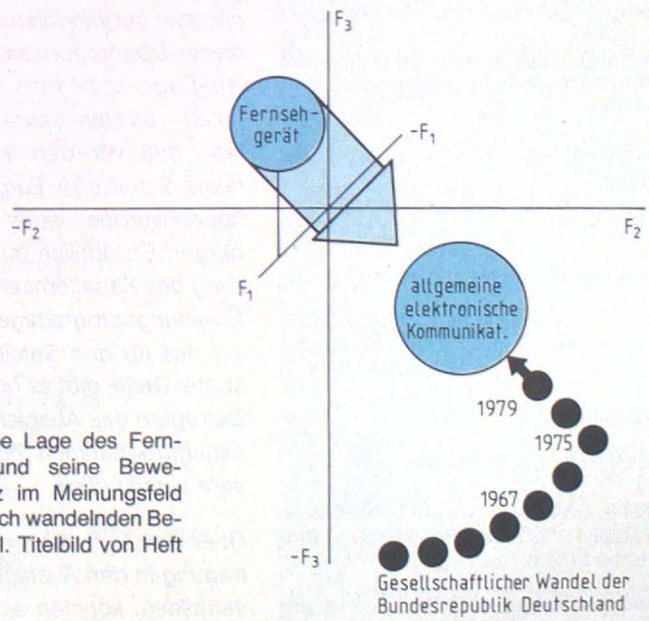
Das Thema: Wird die Verhaltensabhängigkeit der Bevölkerung vom Fernsehgerät zunehmen? Werden die Menschen in Zukunft immer mehr Zeit im Umgang mit dem Fernsehgerät verbringen – oder haben jene recht, die glauben, bereits heute eine Fernsehmüdigkeit der Gesellschaft diagnostizieren zu können? Gestellt ist die zentrale Frage nach der allgemeinen Attraktivität des Fernsehgerätes bzw. seinen Zukunftschancen und der sich daraus ergebenden Verhaltensrelevanz des Fernsehens für die Menschen.

Befragt wurden 402 repräsentativ ausgewählte FUNKSCHAU-Bezieher in der Zeit vom 12.10. bis 30.11.1979. 65% dieser systematischen Stichprobe haben einen vollständig ausgefüllten Fragebogen zurückgeschickt. Die selektiven und suggestiven Antwortverzerrungen der Befragung bewegen sich statistisch innerhalb der folgenden Dateninterpretation.

Die Ergebnisse

Nach Meinung der FUNKSCHAU-Bezieher (die für weite Bevölkerungskreise Meinungsführer sind dank ihres überdurchschnittlichen sozialen Status gemessen an Einkommen, Beruf und Schulbildung) wird das Fernsehgerät in der Bevölkerung ständig an Bedeutung gewinnen. Das Image des Fernsehgerätes liegt im allgemeinen Meinungsfeld (F1,2,3) in der Identifikationsrichtung der Bevölkerung und in der Richtung des allgemeinen gesellschaftlichen Wandels[1]).

In dem Maße, wie das Bewußtsein der Gesellschaft der Bundesrepublik Deutschland sich den Möglichkeiten der allgemeinen elektronischen Kommunikation weiter zuwendet, wird das Image des Fernsehgeräts positiv in Richtung des zentralen Selbstverständnisses der Bevölkerung verschoben, d.h. es wird immer attraktiver und immer mehr in das Feld der allgemeinen elektronischen Kommunikation integriert (*Bild*). Nach Meinung der FUNKSCHAU-Bezieher erfolgt dieser Integrationsprozeß über folgende Nutzungsmöglichkeiten des Fernsehgeräts:



Die stereotype Lage des Fernsehgerätes und seine Bewegungstendenz im Meinungsfeld F1, 2, 3 der sich wandelnden Bevölkerung (vgl. Titelbild von Heft 1/1980)

[1]) Zur näheren Erklärung des orthogonalen Feldmodells (F1,2,3) vgl. Heft 1/1980, S. 45 und 46.

Mittelwert

1,8 Empfang des 2. Programms

1,8 Empfang des 1. Programms

2,1 Empfang des 3. Programms

2,4 Programmaufzeichnung mit Videokassettenrecorder

2,6 Direktempfang von einem Fernsehsatelliten (europaweit)

2,7 Kabelfernsehen für Lehr- und Erziehungsprogramme

2,7 Wiedergabe von bespielten Videokassetten

3,1 Fernsehprogramme über Kabelsysteme (Lokalprogramme)

3,2 Videotext (Textübertragung) vom Fernsehsender

3,2 Empfang des benachbarten Auslands

3,2 Überspielen von z.B. Urlaubsfilmen auf Videokassetten

3,3 Bildschirmtext (Anschluß des Fernsehgeräts an den Postcomputer)

3,4 Bildschirmspiele (mit Mikroprozessor)

3,5 Benutzung des eigenen Videokassettenrecorders mit eigener Kamera (eigene Programmgestaltung)

3,7 Anschluß einer Fernsehkamera für Überwachungszwecke

3,8 Elektronische Projektion von Dias

3,8 Anschluß eines Home-Computers mit Peripheriegeräten wie Drucker und Speicher

3,9 Kabelfernsehen für jedermann (offene Kanäle)

3,9 Bildtelefon

4,0 Elektronischer Super-8-Abtaster

4,4 Kabelfernsehen für Unterhaltungsprogramme gegen zusätzliche Bezahlung (Pay TV)

4,5 Bildplattenspieler

4,6 Bildschirmspiele (einfache Art)

4,7 Kabelfernsehen für private Veranstalter, die gegen zusätzliche Bezahlung Programme liefern.

(Je kleiner der angegebene Mittelwert ist, um so größer ist der Bedarf für obige Nutzungsmöglichkeiten des Fernsehgerätes nach Meinung der FUNKSCHAU-Bezieher.)

Den Kommentar verfaßte Prof. Karl Tetzner, Chefredakteur der FUNKSCHAU

Das Ergebnis der 9. Trenduntersuchung der FUNKSCHAU ist nur auf den ersten Blick keine Überraschung. Daß die ersten drei Plätze für die Nutzung den drei Fernsehprogrammen gehören, ist – das sei zugegeben – eine wahrhaft simple Erkenntnis. Das war zu erwarten und bedarf keiner Erläuterung. Angemerkt sei aber, daß bei der exakten Auswertung der Fragebogen-Rückläufe das 2. Fernsehprogramm auf den Mittelwert 1,81 und das 1. Fernsehprogramm auf den Mittelwert 1,84 kam. Die zweite Stelle hinter dem Komma muß jedoch gestrichen werden, weil sie innerhalb der Schwankungsbreite der Erhebung liegt. Auch der vierte Platz für die Programmaufzeichnung mit dem Videokassettenrecorder war zu erwarten. Diese Geräte beginnen sich durchzusetzen, man spricht von ihnen, und es entwickeln sich für diese Sparte bereits Spezialgeschäfte.

Verblüfft hat mich hingegen der fünfte Platz für den Satelliten-Direktempfang. Er ist noch weit von der Realisierung entfernt, aber die FUNKSCHAU-Leser sind offenbar gut informiert und können daher dieses Übertragungssystem gut beurteilen. Dabei sollte man sich vor Illusionen hüten – es steht heute schon so gut wie fest, daß wir den ersten Direktempfangs-Satelliten in Europa nicht vor 1984 haben werden – auch nicht den Luxemburger! Erstaunlich gut ist die Einschätzung des Kabelfernsehens für Lehr- und Erziehungsprogramme, denn auch hier gilt das für den Satellitenempfang Gesagte: Derlei gibt es noch nicht! Daß die Befragten das Abspielen von Videokassettenprogrammen hoch einstufen, ist sehr verständlich.

Über den Videotext, d.h. die Textübertragung in den Austastlücken des Fernsehbildes, konnten sich bisher nur die Besucher der Internationalen Funkausstellung in Berlin ein Bild machen. Dieses Verfahren stuften die Befragten um 0,1 Punkte interessanter ein als den Bildschirmtext via Post-Computer. Es könnte möglich sein, daß es hier zur Umkehrung der Reihenfolge kommt, wenn beide Dienste erst einmal eingeführt sind. Oder nicht? Für die Teilnahme am Bildschirmtext mit dem direkten Zugriff zu Tausenden von gespeicherten Seiten wird einiges Geld hinzulegen sein: Miete für das Modem, Telefongebühren und das Bezahlen der meisten der abgerufenen Seiten, alles zusammen auf der Telefonrechnung vermerkt. Die Teilnahme am Videotext hingegen kostet nichts, sieht man von den Kosten des Decoders ab.

Was sich zwischen 3,3 und 3,9 in der Tabelle tummelt, war zu erwarten, höchstens ruft die Einstufung des Bildtelefons eine gewisse Überraschung hervor. Es rangiert nämlich nicht völlig unter „ferner liefen"; offenbar gibt es genug Interessenten, die die Bild-Sprech-Verbindung für nützlich halten.

Von der Bildplatte hatten anscheinend die meisten Befragten keine klare Vorstellung; sie stufen deren Attraktivität an drittletzter Stelle ein. Hier mag sich die fehlende praktische Erfahrung auswirken; es hat sich noch nicht herumgesprochen, daß die Bildplatte ein fast idealer Programm-Träger ist. Später einmal dürfte ein Bildplattenspieler nur die Hälfte eines Videokassettenrecorders kosten, und die Platte selbst ist um ein Vielfaches billiger als die Leerkassette.

Ich wundere mich nicht über die schlechte Einstufung der Bildschirmspiele alter Art. Sie sind zu langweilig und daher überholt. – Unter dem „Kabelfernsehen für private Veranstalter, die gegen Bezahlung Programme liefern", konnte sich wohl die Mehrzahl der Befragten nichts vorstellen... War die Frage falsch formuliert?

Ing. Otto Limann

ICs für Abstimmgleichlauf

AEG-Telefunken stellte kürzlich ein neues System von integrierten Schaltungen für Rundfunkempfänger mit elektronischer Abstimmung vor. Damit ist es möglich, einen praktisch absoluten Frequenzgleichlauf zwischen dem Oszillatorkreis und den Eingangskreisen beim Superhetempfänger zu erreichen.

Die Abstimmkreise von Rundfunkempfängern mit elektronischer Abstimmung enthalten Kapazitätsdioden. Dabei ergeben sich die gleichen Verhältnisse wie früher bei der mechanischen Abstimmung durch Mehrfachdrehkondensatoren mit gleichem Plattenschnitt für Vor- und Oszillatorkreis. Absoluter Gleichlauf – oder besser exakter Parallellauf – zwischen Oszillatorfrequenz und Vorkreisabstimmung im Abstand der Zwischenfrequenz f_z läßt sich nach *Bild 1* nur an drei Punkten des Bereiches erzielen. Jeder Servicetechniker kennt diesen sogenannten Dreipunktabgleich des Oszillatorkreises durch Einstellen des Spulenkerns sowie der Serien- und Parallelkapazität[1]).

Die Oszillatorfrequenz f_o ist maßgebend für die Bildung der richtigen Zwischenfrequenz f_z und damit für den Empfang des gewünschten Senders. An den Stellen größerer Gleichlauf-Abweichungen liegt dann nach *Bild 2* das Maximum der Resonanzkurve des Vorkreises neben der eigentlichen Empfangsfrequenz f_e. Die Empfindlichkeit des Empfängers wird dadurch herabgesetzt.

Diese grundlegenden Toleranzen vergrößern sich noch bei Kapazitätsdioden-Abstimmung. Selbst auf dem gleichen Chip integrierte Dioden können Streuungen im Kapazitätsverlauf aufweisen. Empfindlichkeitsverluste bis zu 6 dB sind insgesamt möglich.

Infolge der Nichtlinearität des Kapazitäts-Spannungs-Verlaufes[2]) besteht außerdem die Gefahr von Intermodulation und Kreuzmodulation bei größeren Eingangsspannungen. Man stelle sich zum Beispiel vor, daß in Bild 2 im Maximum der Vorkreisresonanzkurve ein Nachbarsender mit großer Feldstärke liegt. Er wird dann bis zur Mischstufe durchschlagen und Störungen verursachen.

Telefunken richtete deshalb bei der Entwicklung des neuen Systems großen Wert auf praktisch absoluten Frequenzgleichlauf zwischen dem Oszillatorkreis und den Eingangskreisen des Superhetempfängers. Dieses neue System 1000 umfaßt außerdem Steuerbausteine für automatischen Suchlaufstop sowie Bausteine für Abstimmanzeigeskalen mit Leuchtdioden. Für die Empfängerabstimmung selbst sind folgende Typen vorgesehen:
TDA 1093 für AM/FM-Empfänger der mittleren und unteren Preisklasse,
TDA 1094 für hochwertige Empfänger mit quarzgesteuerter Oszillatorfrequenz.

Von den zahlreichen Schaltungsvarianten sei hier die Gleichlaufsteuerung der Eingangsschwingkreise mit dem TDA 1094 S behandelt. *Bild 3* zeigt das Prinzip. Die exakte Oszillatorfrequenz f_o wird in bekannter Weise über eine Phasensynchronisier- oder PLL-Schaltung aus einer quarzgesteuerten, digital einstellbaren Bezugsfrequenz gewonnen. Ein Mikroprozessor (μP) übernimmt dabei die Programmierung der benötigten Bezugsfrequenz. Sie liegt in den AM-Bereichen um 460 kHz oberhalb der gewünschten Empfangsfrequenz f_e. Der Empfangsoszillator wird durch eine in der PLL-Schaltung gewonnene und seiner Varaktordiode zugeführte Steuergleichspannung auf den genauen Wert f_o abgestimmt. Insgesamt ergibt sich damit die in Bild 3 symbolisch dargestellte Regelschleife I für die Oszillatorfrequenz. Die genaue Oszillatorfrequenz F_o sowie die Empfangsfrequenz f_e werden der Mischstufe zugeführt. Sie liefert die gewünschte Zwischenfrequenz f_z.

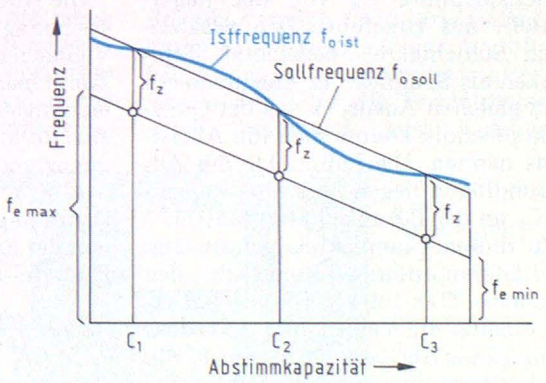


Bild 1. ▶ Frequenzverlauf von Empfangs- und Oszillatorkreis in Abhängigkeit von der Abstimmkapazität. Bei gleichen Abstimmelementen (Drehkondensator oder Kapazitätsdioden) kann der Oszillator nur an drei Punkten exakt im Abstand der Zwischenfrequenz abgeglichen werden

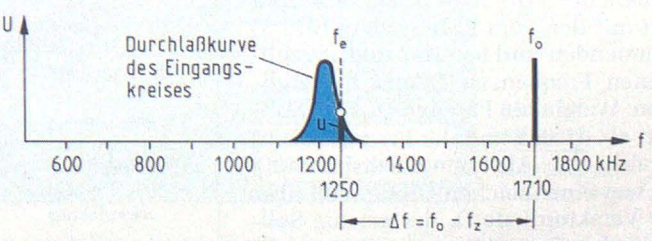


Bild 2. ▶ Lage der vom Sender kommenden Empfangsfrequenz f_e zur tatsächlichen Resonanzkurve des Eingangskreises bei größeren Gleichlaufabweichungen. Die zum Empfang notwendige Zwischenfrequenz f_z wird nur von einer Teilspannung u der Empfangsfrequenz gebildet

[1]) *Limann, O.*: Funktechnik ohne Ballast. 15. Auflage, S. 235...236. Franzis-Verlag, München.

[2]) *Limann, O.*: Funktechnik ohne Ballast. 15. Auflage, Seite 244. Franzis-Verlag, München.

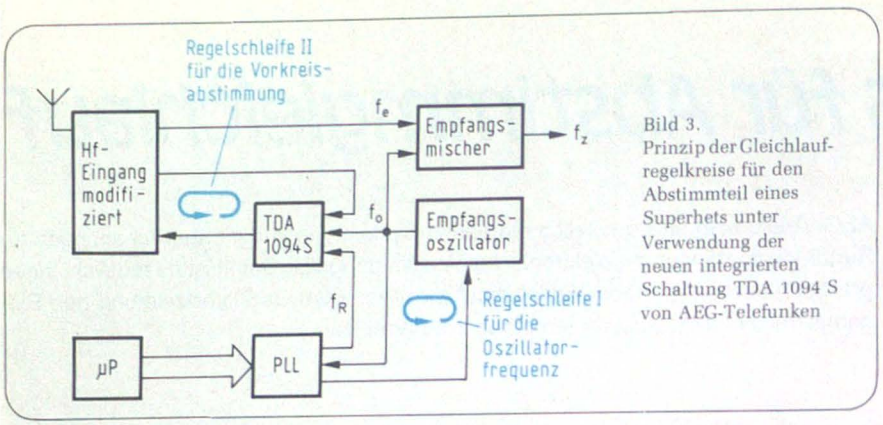


Bild 3.
Prinzip der Gleichlaufregelkreise für den Abstimmteil eines Superhets unter Verwendung der neuen integrierten Schaltung TDA 1094 S von AEG-Telefunken

Die zweite Regelschleife II für die Vorkreisabstimmung beruht auf einer von Telefunken mit Frequenz-Prozessor-Technik (abgekürzt FPT) bezeichneten Frequenzvergleichsschaltung. Dem Baustein TDA 1094 S wird dazu ebenfalls aus der PLL-Regelschleife eine für den gewünschten Sender programmierte, quarzstabile Referenzfrequenz f_R sowie die in der Regelschleife I gewonnene Oszillatorfrequenz f_o zugeführt. *Bild 4* zeigt ausführlicher die Funktion dieses Regelkreises.

Der Empfangs- oder Eingangskreis des Empfängers besteht aus der Induktivität L_E, der Abstimmdiode D_E und einem Trimmerkondensator C_E. Zusätzlich ist noch ein Schwingkreis mit der Induktivität L_S, dem Kondensator C und der Abstimmdiode D_S vorhanden. D_E und D_S bilden ein Kapazitätsdiodenpaar mit gleichen Kennlinien auf einem Chip. Den Katoden der beiden Dioden wird eine Abstimmsteuergleichspannung U_A von der Regelschleife aus zugeführt. Den zusätzlichen Schwingkreis bezeichnet Telefunken als Samplekreis. Entsprechend dem gleichen Ausdruck aus der Oszilloskoptechnik könnte man ihn Abtastkreis nennen. Die Fußpunkte der Abstimmdioden liegen über eine Kapazität C_K an der Bezugsleitung (Masse).

Zu diesem Samplekreis gehört eine Oszillatoranordnung innerhalb des Bausteins TDA 1094 S. Dieser Oszillator erzeugt in Verbindung mit dem Samplekreis die Samplefrequenz f_S. Sie wird einem Frequenzkomparator innerhalb des TDA 1094 S zugeführt und dort mit den vom PLL-System (Bild 3) kommenden und bereits exakt abgeglichenen Frequenzen f_o und f_R verglichen. Weicht die Frequenz f_S vom Sollwert ab, dann liefert der Frequenzkomparator eine Abstimmgleichspannung U_A von einer solchen Größe, daß über die Varaktordiode D_S der genaue Sollwert der Samplefrequenz eingestellt wird. Die dazu notwendige Abstimmgleichspannung gelangt aber auch zwangsläufig an die Varaktordiode des eigentlichen Empfangskreises. Die Steuerfrequenzen des Frequenzkomparators sind nun über eine mathematische Beziehung so gewählt, daß der Empfangskreis dadurch auf die gewünschte Empfangsfrequenz f_e hingezogen wird. Der Empfängeroszillator war ja bereits durch die Regelschleife I in Bild 3 auf die zugehörige Oszillatorfrequenz f_o abgestimmt worden.

Wie Untersuchungen zeigten, lassen sich mit diesem Verfahren für den gesamten MW-Bereich die Gleichlauffehler zwischen Eingangskreis und Oszillatorkreis unter 0,3 % herabdrücken. Dabei braucht die Kennlinie der Abstimmdiode des Oszillatorkreises nicht unbedingt mit denen der Dioden des Empfangs- und Samplekreises übereinzustimmen. Prinzipiell wäre sogar auch ein anderes Abstimmsystem für den Empfängeroszillator möglich, sofern er damit die genaue Frequenz f_o liefert.

Die Hilfsfrequenz f_S des Samplekreises beträgt bei diesem System stets ein Vielfaches der Empfangsfrequenz. Wählt man zum Beispiel einen Vervielfachungsfaktor von m = 3, dann ergibt sich für eine gewünschte Empfangsfrequenz von 1250 kHz

$f_S = 3 \cdot f_e = 3 \cdot 1250 = 3750$ kHz

Damit liegt die Samplefrequenz weit ab von der Empfangsfrequenz f_e und kann keinerlei Eigenstörungen verursachen.

Der über den Bereich hinweg konstante Parallelgleichlauf zwischen Samplekreis und Oszillator wird mit dem Potentiometer P bzw. über einen festen Spannungsteiler eingestellt. Danach erfolgt der übliche L-C-Abgleich des bzw. der Eingangskreise.

Ein weiterer, bei Telefunken in der Entwicklung befindlicher Baustein TDA 1094 N enthält einen zusätzlichen Oszillator, um die quarzgenaue Referenzfrequenz im Baustein selbst zu erzeugen. außerdem ermöglicht dieses System der Frequenzkontrolle die Verwendung der frequenzlinearen Steuerspannung zum Realisieren einer frequenzlinearen Leuchtdioden-Abstimmskala, und zwar unabhängig vom Kapazitäts-Spannungs-Verlauf der Varaktordioden.

Erwähnt sei noch, daß der Baustein TDA 1093 in diesem System 1000 eine interessante Temperaturkompensation für die Abstimmspannung beim Aufbau von Open-Loop-Abstimmsystemen enthält. Ein Sensor tastet die Umgebungstemperatur des Abstimmteils ab und steuert über eine Anschlußschaltung innerhalb des TDA 1093 die minimale und die maximale Abstimmspannung stets so, daß der Temperaturgang der Abstimmkreise kompensiert ist. Das ist besonders für digitalen Sendersuchlauf interessant, da sich damit konstante Verhältnisse ergeben. Man darf gespannt sein, wie sich dieses neue System 1000 auf die Abstimmeinheiten der nächsten Empfängerstation auswirken wird.

(Nach einem Fachreferat von Ing. (grad.) Heinz Rinderle, AEG-Telefunken, Geschäftsbereich Halbleiter, Heilbronn.)

Stichworte zum Inhalt

Frequenzgleichlauf, Dreipunktabgleich, elektronische Abstimmung, Gleichlaufsteuerung der Eingangsschwingkreise, Frequenz-Prozessor-Technik, FPT, Samplekreis.

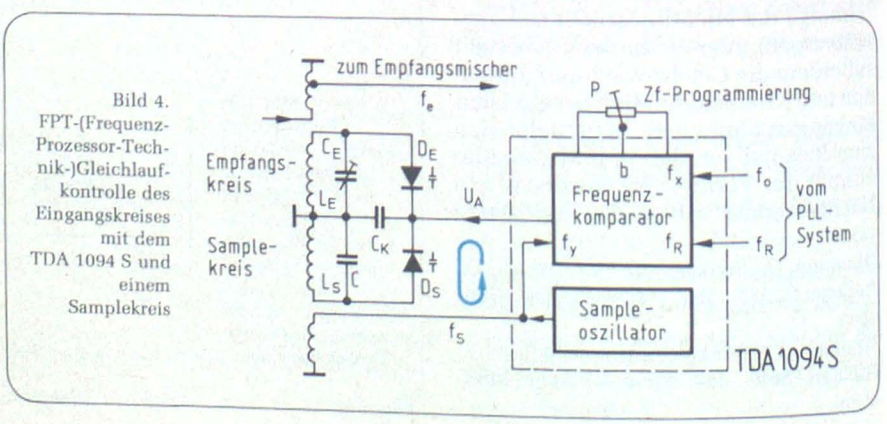


Bild 4.
FPT-(Frequenz-Prozessor-Technik-)Gleichlaufkontrolle des Eingangskreises mit dem TDA 1094 S und einem Samplekreis

Hanns-Peter Siebert

Magnavision

Das erste marktfähige Videoplattensystem

2. Teil

Im ersten Teil des Beitrages wurden die Aufzeichnungsformate und die optische Signalabtastung des Magnavision-Videoplattensystems behandelt. Abschließend folgt hier die Besprechung einiger Schaltungsdetails des Bildplattenspielers, die auch für eine spätere Pal-Version von Interesse sein könnten.

Auf das Wollaston-Prisma folgt im Strahlengang ein Polarisations-Wandler. Er setzt die vertikal lineare Polarisation des Laserlichts in Zirkularpolarisation um. Die jetzt zirkular polarisierten Bündel werden dann mit zwei beweglichen, elektrisch steuerbaren Planspiegeln umgelenkt und schließlich vom Objektiv auf die lichtreflektierende, informationstragende Schicht der Videoplatte fokussiert; der dort entstehende Leuchtfleck hat eine Halbwertsbreite von nur etwa 1 µm.

Trifft nun der Laserfokus auf der lichtreflektierenden Schicht der Videoplatte an einer Stelle zwischen zwei Vertiefungen (Pits) auf, dann wird er mit hoher Intensität zurückgespiegelt. Die Pits selbst weisen nun aber eine Tiefe von $^1/_4$ der Laserwellenlänge auf. Trifft jetzt der Fokus auf ein solches Pit, dann weist das vom „Boden" dieser Vertiefung reflektierte Licht gegenüber solchem, welches von einer nicht vertieften Stelle reflektiert wurde, einen Gangunterschied von $2 \cdot \lambda/4 = \lambda/2$ auf (Hin- und Rücklauf!), was theoretisch einer Auslöschung, in der Praxis aber immer noch einer erheblichen Abschwächung des vom Pit reflektierten Lichts entspricht.

Auf diese Weise wird das von der Videoplatte zurückgespiegelte Licht intensitätsmoduliert. Gleichzeitig aber führt diese Reflexion zu einem Phasensprung, was bedeutet, daß das vorher in der einen Richtung zirkular polarisierte Licht auf dem Rückweg in genau der entgegengesetzten Zirkulationsrichtung polarisiert ist. Beim Rücklauf der Bündel durch das optische System wird ihr Licht dann im Polarisations-Wandler nicht mehr in vertikal, sondern in horizontal linear polarisiertes Licht verwandelt, und dementsprechend werden diese Bündel vom Wollaston-Prisma jetzt in eine etwas andere Richtung abgelenkt als die hinlaufenden Bündel: Das vom Laser kommende und das von der Videoplatte reflektierte Licht sind jetzt also getrennt.

Nach Umlenkung an den beiden festen Planspiegeln treffen die rücklaufenden Bündel demzufolge nicht mehr auf den Laser, sondern nach Durchlaufen einer Zylinderlinse auf eine Fotodiodenmatrix, welche die getrennte Auswertung der in den drei Bündeln enthaltenen Informationen gestattet. Um den Laserfokus der spiralförmigen Spur auf der Videoplatte nachführen zu können, ist der gesamte optische Teil mit dem Laser und der Diodenmatrix auf einem beweglichen, elektrisch angetriebenen Schlitten montiert. Zur Nachregelung kleiner Radial- und Tangentialfehler dienen die beiden beweglichen Planspiegel; ein etwaiger Fokusfehler wird mit dem in der optischen Achse verschiebbaren Objektiv ausgeregelt. Die Steuerung dieser optischen Regelglieder erfolgt mit Signalen, die aus den von der Fotodiodenmatrix gelieferten Informationen abgeleitet werden.

Schaltungseinzelheiten

Eine ausführliche Beschreibung der elektrischen Gesamtschaltung eines Magnavision-Videoplattenspielers ist an dieser Stelle wenig sinnvoll, weil es sich hierbei, wie bereits erwähnt, um die für Europa nicht in Frage kommende NTSC-Version handelt. Einige Details jedoch könnten auch für eine spätere Pal-Version von Interesse sein. Auf sie wird im folgenden etwas näher eingegangen.

Die in Form von Pits – also von 0,4 µm breiten Vertiefungen unterschiedlicher Länge mit variablem Abstand – auf der informationstragenden Schicht der Discovision-Videoplatte enthaltenen Informationen sind die Resultierende dreier frequenzmodulierter Signale: Im Frequenzbereich 4...12 MHz ist das auf einen 8,1-MHz-Hilfsträger modulierte FBAS-Signal untergebracht – also das Gesamtsignal für die Farbbildwiedergabe, bestehend aus Farbsignal,

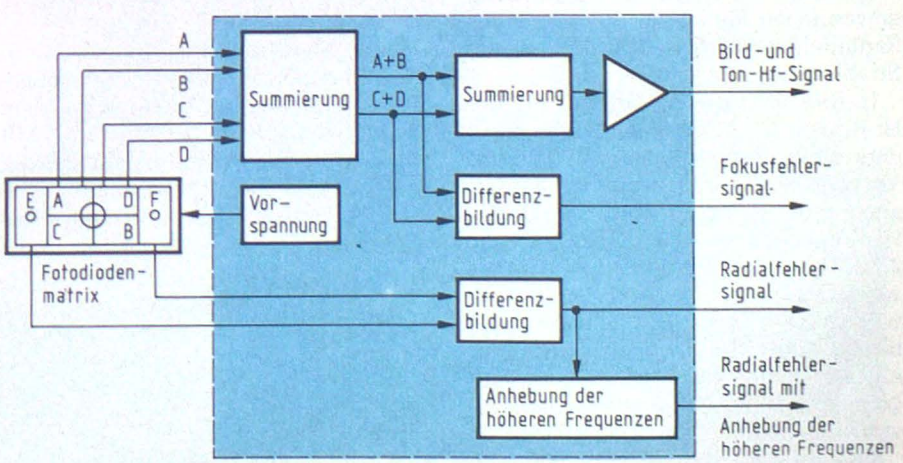


Bild 6. Blockschaltung des Vorverstärker-Moduls. Bereits hier werden die zur automatischen Nachregelung von Fokus und Spurfehlern benötigten Steuersignale abgetrennt, welche sich aus der geometrischen Lage der drei Abtastbündel auf der Fotodiodenmatrix in Bild 5 ergeben

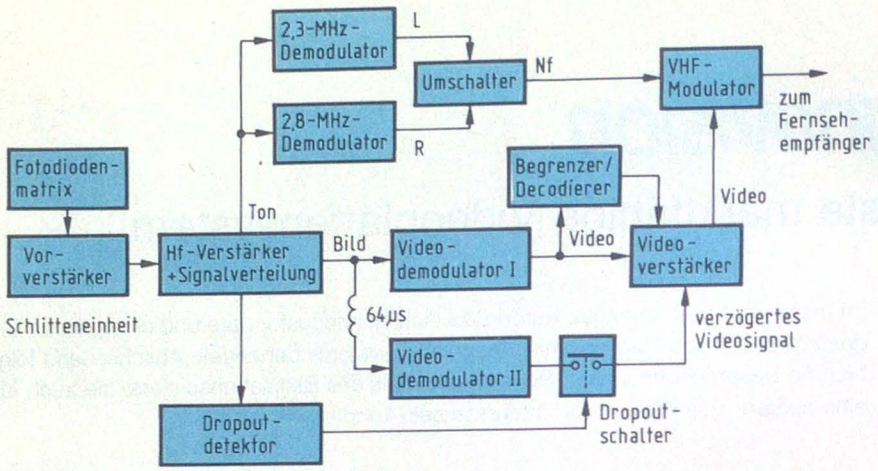


Bild 7. Blockschaltung des Bild- und Tonsignal-Aufbereitungsteils. Etwaige Dropoutfehler werden hier automatisch erkannt und korrigiert. Das VHF-Ausgangssignal im Kanal 3 oder 4 gestattet den Anschluß jedes normalen NTSC-Farbfernsehempfängers über seine Antennenbuchse

Leuchtdichtesignal, Austast- und Synchronsignal. Zusätzlich werden auf Trägern von 2,3 MHz und 2,8 MHz zwei Tonkanäle mit maximal je 100 kHz Hub übertragen; diese beiden Ton-Hf-Signale modulieren das Bild-Hf-Signal in seiner Pulsdauer.

Bild 6 veranschaulicht die Blockschaltung des auf dem Schlitten zusammen mit dem optischen Teil untergebrachten Vorverstärker-Moduls, in welchem gleichzeitig die Abtrennung der von der Fotodiodenmatrix aus der geometrischen Lage des Haupt- und der beiden Nebenbündel gewonnen Fokus- und Spurabweichungs-Informationen [2] erfolgt: Durch Summation der Fotodiodensignale (A+ B) + (C + D) erhält man das Hf-Signalgemisch für Bild und Ton, durch Subtraktion (A + B) – (C + D) ergibt sich das Fokus-Fehlersignal. Ein der Subtraktion (E – F) entsprechendes Signal ist der Spurabweichung proportional (Radialfehler) und wird zusammen mit einem daraus durch Anhebung der höheren Frequenzen gewonnenen Signal zur Steuerung des Radialfehler-Korrekturspiegels im Strahlengang verwendet.

In *Bild 7* ist die Blockschaltung der Hf-Bild- und -Tonsignalaufbereitung dargestellt. Nach Verstärkung des vom Vorverstärker-Modul kommenden Signals wird es in seine verschiedenen Hf-Komponenten aufgeteilt. Die 2,3-MHz- und 2,8-MHz-Tonsignale werden getrennt demoduliert und dann wahlweise einzeln dem VHF-Modulator zugeführt, der sie für den Anschluß eines normalen NTSC-Fernsehempfängers über seine Antennenbuchse entsprechend aufbereitet.

Das 8,1-MHz-Bildsignal gelangt an den Videodemodulator I, und das dort gewonnene Videosignal wird nach Verstärkung ebenfalls dem VHF-Modulator zugeführt. Meldet der ebenfalls an den Hf-Verstärker angeschlossene Dropout-Detektor einen Fehler im Bildsignal, dann erfolgt automatische Abschaltung des Videodetektors I; stattdessen gelangt das Ausgangssignal des Videodetektors II an den Videoverstärker. Da dieses Signal wegen Zwischenschaltung einer 64-µs-Verzögerungsleitung um genau eine Zeile verzögert ist, gelangt jetzt anstelle der gestörten Bildstelle die entsprechende der vorangegangenen Zeile zur Wiedergabe: Beide unterscheiden sich im allgemeinen nur geringfügig, so daß ein auf diese Weise korrigierter Bildfehler auf dem Bildschirm kaum wahrnehmbar ist.

Ein vor dem Videoverstärker angeordneter Begrenzer/Decodierer trennt die Signale der Bildaustastlücke vom übrigen FBAS-Signal ab und entschlüsselt die gegebenenfalls darin enthaltenen Kapitel- und Bild-Kennzahlen. Bei Standardplatten mit Lernprogrammen o. ä. ist mit Hilfe dieser Kennzahlen dann eine beliebige Anwahl einzelner Bilder oder Bildfolgen möglich.

Beim Anschluß eines Magnavision-Videoplattenspielers an ein Fernsehgerät wird die externe Antenne mit dem Videoplattenspieler verbunden. Mit Hilfe der in *Bild 8* gezeigten Schaltung ist dann, solange der Videoplattenspieler außer Betrieb ist, jederzeit normaler Fernsehempfang möglich, denn die Antenne ist dann über die Ruhekontakte des Hf-Relais direkt auf den Antennenausgang durchgeschaltet. Sobald man jedoch den Videoplattenspieler einschaltet, bringt eine dem VHF-Ausgangssignal überlagerte 10-V-Gleichspannung das Hf-Relais zum Anziehen: Die externe Antenne wird dabei abgeschaltet, und der angeschlossene Fernsehempfänger erhält ausschließlich das Plattenspieler-Ausgangssignal. Mit einem Schalter am Videoplattenspieler läßt sich sein VHF-Ausgangssignal wahlweise auf den (US-)Kanal 3 oder 4 legen.

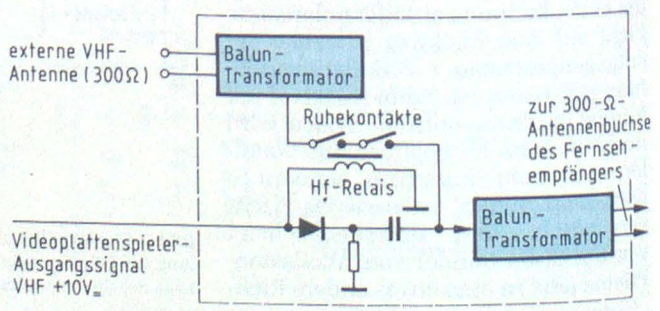


Bild 8. Automatische Antennenumschaltung von normalem Fernsehempfang auf Videoplattenspielerbetrieb

Schlußbetrachtungen

Mit dem Magnavision-Videoplattenspieler hat von den zahlreichen in Vorschlag gebrachten Systemen gerade das technisch aufwendigste als erstes wirkliche Marktreife erlangt. Daß sein anfänglicher Marktpreis von $ 695.–, der zumindest während der Einführung galt, nicht zu hoch ist, beweist der gute Absatz. Immerhin ist für die Zukunft noch mit einigen Vereinfachungen – und damit mit einem günstigeren Preis – zu rechnen. So soll beispielsweise der derzeit verwendete Gaslaser mit seiner komplizierten Hochspannungsversorgung (1,8 kV Brennspannung und zusätzlich 10 kV Zündspannung) vielleicht später durch einen einfacher zu speisenden Halbleiterlaser ersetzt werden.

Literatur

[1] *Conrad, J.*: VLP – die Video-Langspielplatte. FUNKSCHAU 1972, Heft 19, Seite 685...686.

[2] *Bahr, H.*: Das VLP-System. FUNKSCHAU 1973, Heft 25, Seite 952...956.

[3] *Steckler, L.*: Videodisc. Radio-Electronics 1979, Heft 4, Seite 37...39; Heft 6, Seite 50...53; Heft 7, Seite 39...41 und 89.

[4] VLP – Video Long Play – Das optische Bildplattensystem von Philips und MCA. Druckschrift der Philips GmbH, 3. Ausgabe 1979.

Stichworte zum Inhalt
Bildplatte, Laserabtastung

Nur noch ein Farbgerätechassis für alle Bildschirmgrößen

Zur Funkausstellung 1979 überraschte Loewe Opta mit einem sehr kleinen Farbgerätechassis, das nur noch aus zwei Großmoduln besteht: das eigentliche Großplatinen-Hauptchassis und die Platine für die unterschiedlichen hand- oder fernbedienbaren Speichermoduln (Abstimmung). Seinerzeit war diese richtungsweisende Neukonstruktion nur für das 42-cm-Portable und das 51-cm-Tischgerät bestimmt; das Loewe-Profi-2-Chassis konnte in diesen kleinen Gehäusen nicht untergebracht werden. Wir berichteten über die Neukonstruktion in Heft 17/1979, S. 1001: „Neue Chassis für Farbempfänger".

Nun teilte das Unternehmen mit, daß das kleine Chassis mit dem Namen „Profi-compact" nach geringfügigen Modifikationen – sie betreffen die Erzeugung der Ablenkleistung – nunmehr auch für die Farbgeräte mit 56-cm- und 66-cm-110°-Farbbildröhre benutzt wird. Es handelt sich um insgesamt vier Modelle: Profi C DX 11 (handbedient, 16 Kanäle), 56 cm; Profi C QX 11 (fernbedient, 16 Kanäle), 56 cm; Profi C LC 11 (handbedient, 16 Kanäle), 66 cm; Profi C QS 11 (fernbedient, 16 Kanäle), 66 cm.

Auf einer vorbildlich organisierten Fachpressekonferenz am 5. Februar in Kronach – vorbildlich, weil 45 Minuten Referaten zwei volle Stunden Diskussionen folgten – wurde die Philosophie der Chassisentwicklung für Farbempfänger gründlich beleuchtet. Dazu braucht seitens der FUNKSCHAU nur noch wenig gesagt zu werden, denn im Leitartikel von Heft 21/1979 steht diese „Philosophie" der 80er Jahre so deutlich verzeichnet, daß Loewe das Fazit des Artikels in seine Werbung übernahm.

Immerhin seien einige Anmerkungen gestattet. Das Chassiskonzept der bundesdeutschen Farbgeräteindustrie unter besonderer Berücksichtigung der Loewe-Entwicklung läßt sich wie folgt darstellen:

Kein Grundchassis:	bestückte Moduln (Beispiel: Loewe-Profi-2 mit 6 Moduln, 1978)
Unbestücktes Grundchassis:	bestückte Moduln (fast die gesamte bundesdeutsche Industrie bis zur Gegenwart)
Bestücktes Grundchassis:	bestückte Moduln (Beispiel: Loewe C 5000 mit 14 Moduln, 1975)
Bestücktes Grundchassis:	keine Moduln (Beispiel: Loewe-Profi-compact, 1979/80)

Loewe sagt, daß das Profi-compact-Chassis „deutliche" Vorteile zunächst in der Herstellung aufweist, und beweist das mit folgenden Vergleichszahlen gegenüber der Produktion des Profi-2-Chassis mit seinen sechs Großmoduln:

Reparaturfälle während der Herstellung:	–25 %
Zahl der Auspackfehler:	–37 %
Zahl der Ausfälle während des 200-Stunden-Dauertests:	–11 %.

Erreicht wird das u. a. durch folgende Konstruktionseigentümlichkeiten des kleinen Profi-compact-Chassis: 42 % weniger Chassisfläche, 77 % weniger Kontakte, 30 % weniger elektronische und 38 % weniger mechanische Bauelemente sowie 40 % weniger Lötstellen (!). Als Vergleichschassis dient auch hier der Vorgänger Profi-2, eine – zugegeben – ziemlich aufwendige Konstruktion.

Wichtig ist ferner, daß sich das neue Profi-compact-Chassis hervorragend für die automatische Bestückung eignet. Eigentlich sind nur noch drei Bestückungsmaschinen nötig: jeweils eine für horizontal- bzw. vertikalstehende Bauelemente und eine für IC-Sockel.

Eine gute Pressekonferenz in Kronach: Firmenspezialisten trugen 45 Minuten vor und diskutierten dann zwei Stunden mit elf Fachjournalisten

Alle vorstehend genannten Eigenschaften einschließlich der Tatsache, daß das Unternehmen in der nächsten Zukunft nur noch ein Chassis für alle Gerätegrößen benötigt, deuten auf beträchtliche Einsparungen bei den Fertigungskosten hin. Hierüber allerdings gibt es keine detaillierten Angaben. Immerhin ist zu vermuten, daß in nicht allzulanger Zeit die Produktion des Profi-2-Chassis auslaufen wird, etwas anderes ist nicht denkbar.

Das Chassis Profi-compact ist vorbereitet für die Aufnahme von Zusätzen für Videotext, Bildschirmtext + Videotext, Secam-Decoder, Videoeingang (zum Anschluß entsprechend ausgelegter Videokassettenrecorder) und für eine 20-W-Endstufe. Auch sind Vorkehrungen getroffen für den Zweikanal-Ton. In Vorbereitung ist ein Abstimmteil mit Mikrocomputer-Steuerung für 30 Kanäle. Das Chassis schneidet hinsichtlich der Netzleistungsaufnahme im Vergleich zu gleichwertigen Konkurrenzfabrikaten sehr günstig ab. Sie liegt beim 66-cm-Modell deutlich unter 100 W, gemessen bei mittlerem Strahlstrom; bei dem 56-cm-Gerät ergeben sich rd. 65 W Leistungsaufnahme.

Die neue Richtung im Service

Die herkömmliche Modultechnik mit ihren steckbaren Baugruppen auf einem Rahmenchassis hatte sicherlich einige Jahre ihre volle Berechtigung unter dem Aspekt der Reparaturerleichterung. Der Grundgedanke war gut, aber er ließ sich nicht durchhalten, u. a. weil bei jedem Chassiswechsel neue Moduln entwickelt wurden. Der Modulvorrat im Handel schwoll im Laufe der Zeit an, das war hinderlich, sogar ärgerlich, weil Lagerraum und Kapital bindend. Hinzu kam die niemals abreißende Diskussion um die Auslastung der teuren Werkstätten, die man in Zukunft für neue Techniken mehr denn je benötigen wird. Zu diesem Thema ließe sich noch viel sagen.

Nun steht die Branche an einer Wende. Je weniger reparaturanfällig die Farbgeräte werden, desto geringer wird die Berechtigung der Modultechnik. Viele Faktoren weisen in die neue Richtung: Weniger Bauelemente, niedrigere Innentemperaturen, weniger Lötstellen, höherer Integrierungsgrad usw. vermindern die Anfälligkeit.

Hansjörg Kuhn, Leiter der Fertigung im Hause Loewe, faßte diese Überlegungen in griffige Thesen:

1. *Reparaturen zu verhindern ist das beste Servicekonzept.*

   Kommentar: Nicht nur in japanischen, sondern auch in den deutschen Fabriken erkennt man, daß es viel richtiger ist, die Gebrauchsqualität der Geräte so zu verbessern, daß aufwendige Reparaturerleichterungen – siehe perfekte Steckmoduln – überflüssig sind. Ein simpler, dennoch bestechender Gedanke!

2. *Die Bindung technischer Kapazitäten des Handels durch logistische Probleme behindert ihn in der Zukunft.*

   Kommentar: Der Handel soll sich nicht mehr soviel mit dem Transport und dem Tausch von Moduln befassen, sondern seine Arbeitskraft und seine Gedanken den Aufgaben der Zukunft zuwenden. Gemeint sind Videokassettengeräte, Video- und Bildschirmtext, komplizierte Hi-Fi-Anlagen, Heimcomputer und ähnliches. Der Modultausch bringt dem Handel keine Profilierung, dazu ist die Eigenleistung zu gering.

3. *Der Servicestandard wird verbessert, dem Partner im Handel werden neue Möglichkeiten geboten.*

   Kommentar: Es bleibt eine Tatsache, daß die langen Jahre der Modultechnik die Servicehandhabung im Fachhandel tief geprägt haben. Auch Loewe kommt daran nicht vorbei.

Das sogenannte „Tauschkonzept" ist noch lange nicht vom Tisch, darauf stellt man sich ein.

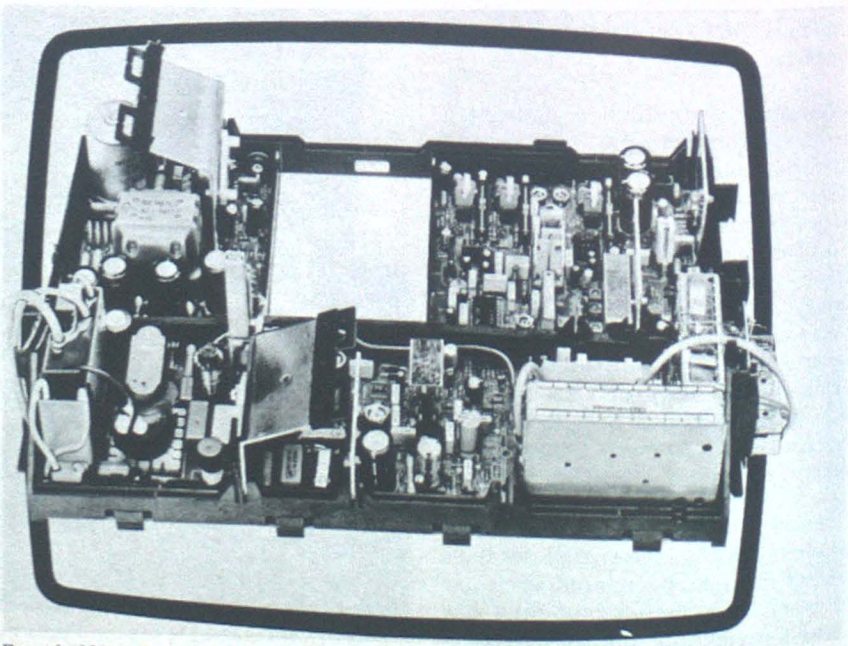
Die beiden Grundmoduln des Profi-compact-Chassis (Hauptchassis und Abstimmeinheit) sind selbstverständlich tauschbar, aber es sind eben nur noch zwei. Die Fehlerdiagnose ist vereinfacht, denn Fehler können nur noch auf zwei Bausteinen auftreten. Auch wird das Austausch-Chassis exakt vorabgeglichen geliefert und dazu noch zu einem sehr niedrigen Preis.

Auf der anderen Seite wird die Eigenreparatur erleichtert. Die Löt- und die Bauelementeseite des kleinen Hauptchassis sind gut zugänglich, und eine ausführliche Dokumentation erleichtert die Systematisierung der Fehlersuche und -beseitigung. Man ist im Hause Loewe der Meinung, daß die Eigenreparatur während der Garantiezeit keine Alternative ist, daß aber nach deren Ablauf immer mehr Fachhändler Fehler selbst beheben werden.

*

Es darf angenommen werden, daß die vorstehend skizzierten, bei Loewe bereits realisierten Überlegungen in der Zukunft auch von den industriellen Mitbewerbern anerkannt werden. Ähnliche Chassis sind also zu erwarten; ihr Einführungszeitpunkt hängt von innerbetrieblichen Überlegungen ab.

Karl Tetzner



Das sehr kleine Zentralchassis Loewe-Profi-compact

Die Optoelektronik ist ein Teilgebiet der Elektronik, dessen Bedeutung immer mehr zunimmt. Ihre Anfänge – die Entdeckung der fotoelektrischen Effekte – liegen zwar schon weit zurück, die großen Fortschritte in diesem Bereich wurden aber erst in jüngerer Zeit erreicht, vor allem in Verbindung mit der fortschreitenden Entwicklung der Halbleiter- und Digitaltechnik sowie durch die Erschließung neuer Anwendungen, z. B. die optische Nachrichtenübertragung.

Optoelektronik

Heute besonders aktuell wegen der zunehmenden Energieverknappung ist die Solartechnik; im elektronischen Bereich handelt es sich dabei um die direkte Umwandlung von Sonnenlicht in elektrische Energie. Im Vordergrund stehen hier die Bemühungen um die Verbesserung des Wirkungsgrades und eine wirtschaftliche Fertigung der Solarzellen.
In den optoelektronischen Bauelementen werden die Lumineszenz sowie der innere und äußere Fotoeffekt ausgenutzt. Damit lassen sich Fotosender, Fotodetektoren, Strahlungswandler und Modulatoren realisieren.
Physik und Technik dieser Bauelemente und einige Anwendungsmöglichkeiten der Optoelektronik werden in diesem Sonderthementeil behandelt.

In unserem Sonderteil finden Sie folgende Beiträge:

Optische Keramiken – Auf dem Weg zur Kamera ohne bewegte Teile 68
Optokoppler mit AC/DC-Schaltschwelle 70
Sicherheitsnorm für Lasereffekte 70
AEG-Telefunken vergrößerte Fertigungskapazität für optoelektronische Bauelemente 70
Fotoelektronische Senderelemente 71
Fotoelektronische Detektoren 79
Helium-Neon-Laser mit vielfältiger Einsatzmöglichkeit 82
Grundlagen der optischen Datenübertragung 83
Fotosensor-Verstärker-Kombination 86
LED-Skala im DIL-Gehäuse 86
Poster: Siebensegment-Anzeigen 88
Solarzellen 91

Optische Keramiken

Auf dem Weg zur Kamera ohne bewegte Teile

Unter optischen Keramiken versteht man durchsichtige Werkstoffe, deren Transparenz sich elektrisch ändern läßt. Damit ist es z.B. möglich, einen Kameraverschluß zu bauen, der ohne mechanisch bewegte Teile auskommt.

Ferroelektrische keramische Werkstoffe wurden für elektrooptische Anwendungen interessant, nachdem es G. Haertling 1967 gelungen war, Blei-Lanthan-Zirkonat-Titanat – kurz PLZT genannt – transparent herzustellen. Obwohl festgestellt werden konnte, daß dieses Material eine hohe Durchsichtigkeit nur bei einem Lanthangehalt zwischen $7...14 \cdot 10^{-20}$ aufweist, gibt es noch keine stichhaltige physikalische Erklärung für die Transparenz dieser polykristallinen Materialien. Grundsätzlich gibt es bei PLZT zwei physikalische Effekte, die technisch genutzt werden können: Elektrisch steuerbare Lichtstreuung und elektrisch steuerbare Doppelbrechung.

Legt man ein elektrisches Feld bestimmter Größe an PLZT an, führt die Änderung der Domänenwandkonfiguration zur Bildung von zusätzlichen optischen Diskontinuitäten und somit zu einer verstärkten Lichtstreuung in Feldrichtung. Wegen der Parallelität von Feldvektor, Beobachtungs- und Durchstrahlungsrichtung spricht man auch vom longitudinalen elektrooptischen Effekt.

Legt man an PLZT-Keramiken ein elektrisches Feld an, werden sie außerdem doppelbrechend, wobei die optische Indikatrix optisch einachsigen Kristallen entspricht und ein Rotationsellipsoid darstellt. Die Richtung der optischen Achse (Richtung der Einfachbrechung) fällt mit der Feldrichtung zusammen.

Maximale Doppelbrechung ist senkrecht dazu zu beobachten, was zur Bezeichnung „Transversaler elektrooptischer Effekt" führt. Die Größe der Doppelbrechung in Abhängigkeit vom angelegten Feld variiert mit der chemischen Zusamensetzung.

Bei tetragonalen PLZT-Keramiken z.B. PLZT 8/40/60 (die erste Zahl steht für Atom% Lanthan, die zweite für Zirkon und die dritte für Titan) mit hoher Koerzitivfeldstärke nimmt die Doppelbrechung (Δn) mit der Feldstärke (E) linear zu (linearer elektrooptischer Effekt oder Pockels-Effekt):

$$\Delta n = -\,{}^1/_2 \cdot n_1{}^3 \cdot r_c \cdot E_3$$

$n_1 \triangleq$ Brechungsindex senkrecht zur Feldrichtung;

$r_C \triangleq$ linearer elektrooptischer Koeffizient.

Aus *Bild 1* geht hervor, daß diese Materialien bei $E = 0$ eine remanente Doppelbrechung haben, die erst durch Anlegen eines Gegenfeldes aufgehoben wird. Eine weitere Erhöhung dieses Gegenfeldes führt zu einer Änderung des optischen Charakters.

Aus thermodynamischen Gründen weisen Mehrstoffsysteme wie PLZT auch mehrphasige Bereiche auf. Materialien, bei denen ferroelektrische und paraelektrische Anteile gleichzeitig vorliegen (z.B. PLZT 9/65/35) haben eine sehr schmale Hystereseschleife mit kleinem Koerzitivfeld (Slim-Loop-Materialien).

Wie man aus *Bild 2* entnehmen kann, nimmt die Doppelbrechung quadratisch mit dem angelegten elektrischen Feld zu, eine remanente Doppelbrechung ist nicht zu beobachten (quadratischer elektrooptischer Effekt oder Kerreffekt):

$$\Delta n = {}^1/_2 \cdot n_1{}^3 \cdot R \cdot E_3{}^2$$

$R \triangleq$ quadratischer elektrooptischer Koeffizient.

Eine dritte Gruppe von PLZT-Werkstoffen – sie hat rhomboedrische Symmetrie wie PLZT 8/65/35 – besitzt einen Speichereffekt. Bei einer mittleren Koerzitivfeldstärke weisen diese Keramiken eine nur schwache remanente Doppelbrechung auf.

Der Speichereffekt hat seine Ursache in der starken Abhängigkeit der Doppelbrechung von Betrag und Vorzeichen der remanenten Polarisation. Dies macht es möglich, in die Keramik spannungsabhängig Informationen einzuschreiben und auszulesen.

Eine wesentliche Voraussetzung für eine hohe Durchsichtigkeit polykristal-

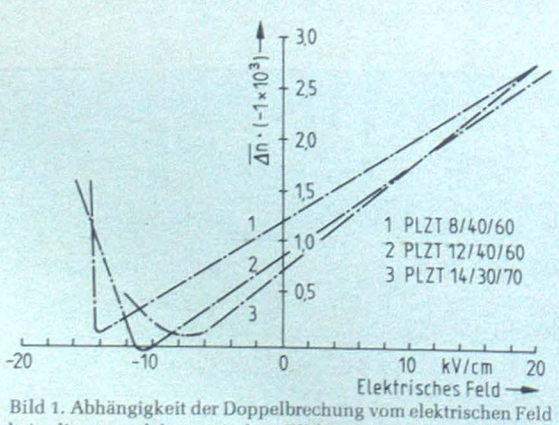
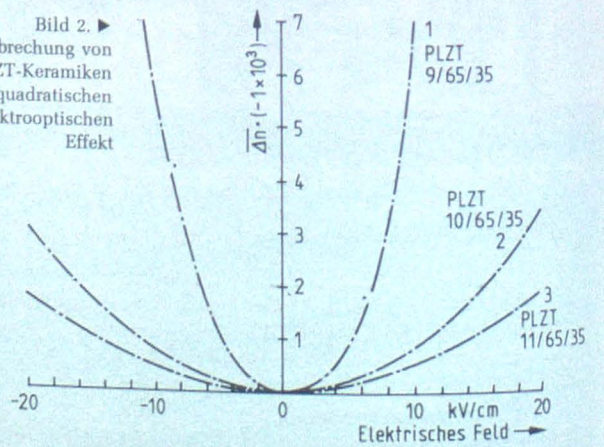


Bild 1. Abhängigkeit der Doppelbrechung vom elektrischen Feld beim linearen elektrooptischen Effekt

Bild 2. ▶ Doppelbrechung von PLZT-Keramiken beim quadratischen elektrooptischen Effekt



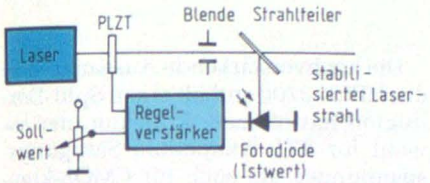


Bild 3. Stabilisierung der Lichtintensität eines Lasers mit elektrooptischer Keramik

liner Körper ist ihre Porenfreiheit, da Poren als Streuzentren wirkend die Transparenz vermindern. Es sind vor allem drei Sintertechnologien für die Herstellung porenfreier Keramiken bekannt: Heißpressen, isostatisches Heißpressen oder isostatisches Kaltpressen und Zweistufen-Sintern bei vermindertem Druck in einer Sauerstoff-Atmosphäre. Dabei erscheint heute das letztgenannte Verfahren am wirtschaftlichsten. Bei den heute erzielbaren Eigenschaften und Kontrastverhältnissen kommen bereits Anwendungen als Intensitäts-Stabilisatoren für Laser, Schweißschutz-Brillen und numerische Displays in Frage. Diese Anwendungen werden im folgenden näher besprochen.

Modulatoren

PLZT-Materialien weisen als Chopper und Nf-Modulatoren für Laser und andere Lichtquellen gegenüber den bisher verwendeten Kerr- und Pockelszellen vor allem wegen der vergleichsweise niedrigen Ansteuerspannung Vorteile auf. Verwendet man den Streueffekt der Keramik, so ist außerdem kein Polarisator erforderlich, so daß der Modulator weniger Lichtverluste verursacht.

Experimente mit einem Doppelbrechungs-Modulator der Abmessungen 4 mm x 1,5 mm x 1 mm aus PLZT 8,5/68/32 (optische Weglänge 1,5 mm) lieferten folgende Ergebnisse: Der Kontrast bzw. die Modulationsamplitude beträgt 1000 : 1. Erst bei 50 kHz Modulationsfrequenz ist ein 3-dB-Abfall der Amplitude zu bemerken. Die Schaltspannung beträgt 400 V; die Impedanz ist praktisch rein kapazitiv (100 pF). Da man bei Doppelbrechungs-Modulatoren mit Polarisatoren arbeiten muß, läßt sich allerdings nur eine Transmission (Durchlässigkeit) von 25 % erreichen.

Eine Alternative ist, wie bereits erwähnt, die Ausnützung des Streueffekts. Bei Dimensionen von 5 mm x 5 mm x 0,4 mm (optische Weglänge 0,4 mm) war eine Transmission von immerhin 70 % erzielbar; allerdings steigt die notwendige Schaltspannung auf 600 V, und die Modulationsamplitude sinkt auf 20 : 1. Die maximale Modulationsfrequenz beträgt nur noch 10 kHz bei einem Amplitudenabfall auf 25 %. Außerdem nimmt die kapazitive Last auf 2,5 nF zu, was erhebliche Anforderungen an die Treiberschaltung stellt, wenn ein geringer Stromverbrauch erzielt werden soll.

Intensitätsstabilisatoren

Laser kleiner Leistung haben eine Langzeitschwankung bis zu 20 %, welche durch die Ansteuerung nicht beeinflußt werden kann. Auf dem Streuprinzip basierend wurde ein Regelelement gebaut, das diese Änderungen auf

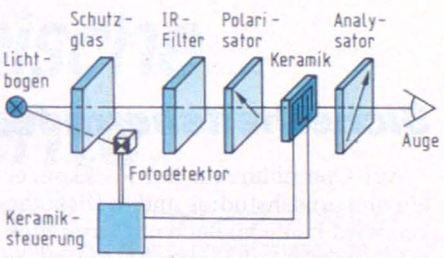


Bild 4. Anordnung einer Schweißschutzbrille mit elektrooptischer Keramik

≦ 2 % ausregeln kann, wenn das Laserlicht polarisiert ist und der Sollwert unter die kleinste zu erwartende Laserintensität gelegt wird. *Bild 3* zeigt die typische Regleranordnung.

Schweißschutzbrille

Basierend auf dem Doppelbrechungsprinzip wurde mit PLZT-Keramik als Abschwächer eine Schweißbrille aufgebaut, die im wesentlichen aus Helm, Schutzglas, IR-Filter, Polarisator, PLZT 9,5/65/35, Analysator, Fotodetektor und elektronischer Steuerung besteht. Bei normaler Umgebungshelligkeit liegt an der PLZT-Scheibe Spannung an und die Brille ist transparent. Beim Auftreten von Schweißblitzen wird der Lichtdurchgang, ausgelöst durch den Fotodetektor, innerhalb kurzer Zeit gesperrt (*Bild 4*).

Die Qualität von Schutzbrillen wird in DIN 4647 genormt. Nach dieser Richtlinie wird bei UV-Licht ein Schutzfaktor von 14 erreicht, im sichtbaren Bereich von 10, im Infrarotbereich von 1,7 – deswegen ist ein zusätzliches Infrarot-Filter erforderlich. Zwischen −10 °C und 55 °C lassen sich Schaltzeiten von 8...15 µs erzielen.

Automatische Schweißschutzbrillen mit Flüssigkristallzellen als optischen Elementen haben bei vergleichbarer Transparenz im genannten Temperaturbereich um 4 Größenordnungen längere Schaltzeiten.

Numerische Displays

Für die Realisation des Displays wurde der Doppelbrechungs-Effekt verwendet. Dabei dienen Chrom-Gold-Interdigitalschichten als Elektroden, die in Siebensegment-Anordnung aufgebracht sind. Im Experiment wurde ein Elektrodenabstand von 150 µm bei einer Ziffernhöhe von 10 mm verwendet. Bei aktiver Beleuchtung konnten Kontrastverhältnisse bis zu 100 : 1 erzielt werden; bei passiver Beleuchtung durch die Umgebungshelligkeit allerdings nur maximal 20 : 1. Die Ansteuerungspannung ist mit 220 V im Vergleich zu anderen Displays (LED, LCD usw.) sehr hoch, selbst wenn sie mit speziellen Maßnahmen auf 100 V gesenkt werden könnte. Ein großer Vorteil gegenüber LCD-Anzeigen ist aber die sehr geringe Schaltzeit von nur 25 µs.

Weitere Nachteile von Flüssigkristall-Displays sind die Temperaturabhängigkeit von Kontrast und Schaltzeit – unter −20 °C sind sie sogar nicht mehr funktionsfähig –, chemische Reaktionen, die die Lebensdauer begrenzen, und die hohen Anforderungen an die Genauigkeit der Geometrie sowie die Dichtigkeit der Zellen.

Aus diesem Grunde sind weiterhin Festkörperzellen auf der Basis ferroelektrischer Materialien interessant. Ausgehend von der Tatsache, daß bei Flüssigkristalldisplays nur wenige Mikrometer aktives Material geschaltet werden, wurde mit Versuchen begonnen, Schichten von PLZT ähnlicher Dicke durch Hochfrequenz-Katodenzerstäuben herzustellen.

Erste Untersuchungsergebnisse solcher Zellen zeigen, daß sie klar und grünlich schimmernd sind und eine Transmission von 80 % gestatten (sichtbares Licht). Sie besitzen eine ferroelektrische Hysterese ähnlich der des speichernden PLZT. Der Doppelbrechungseffekt ist bereits bei 50 V/mm, der Streueffekt bei 70 V/mm nachweisbar. Die ersten Resultate sind so ermutigend, daß großflächige Festkörper-Displays mit 30 V Schaltspannung als realistisches Entwicklungsziel betrachtet werden können.

(Aus einem Bericht des Forschungszentrums Stuttgart der Standard Elektrik Lorenz AG an das BMFT.)

Stichworte zum Inhalt

PLZT, Pockels-Effekt, Doppelbrechung, Polarisation, Modulator, Intensitäts-Stabilisator, Schweißschutzbrille, Displays.

Optokoppler mit AC/DC-Schaltschwelle

Der Optokoppler HPCL-3700 von Hewlett-Packard im 8poligen DIL-Gehäuse wurde für Dateneingänge industrieller Steuerungscomputer und andere Anwendungen entwickelt, bei denen ein exakter Eingangs-Schwellenwert wünschenswert oder notwendig ist. Er enthält eine Eingangs-Pufferschaltung zur Schaltschwellenerkennung, eine LED sowie einen Fotodetektor mit hoher Verstärkung. Diese Elemente wirken zusammen als Optokoppler mit extern einstellbaren Schaltschwellen und logikkompatiblen Ausgangspegeln.

In der Eingangs-Pufferschaltung vergleicht ein Komparator das Eingangssignal mit einer Referenzspannung. Sobald die Schaltschwelle erreicht ist, schaltet der Komparator den Strom zur LED durch. Die nominelle Schaltschwelle liegt bei 2,5 mA bzw. 3,8 V. Mit einem oder mehreren externen Vorwiderständen kann der Schaltpunkt jedoch über einen weiten Eingangsspannungs- bzw. -strombereich verschoben werden. Zusätzlich verhindert eine Hystereseschaltung im Komparator unerwünschtes Schalten der LED bei elektrisch stark verrauschten Eingangssignalen. Eingangs-Wechselspannungen werden durch eine Brükkenschaltung gleichgerichtet. Interne Z-Dioden schützen dabei den HPCL-3700 vor kurzzeitigen hohen Strom- oder Spannungsspitzen.

Die Schwellenwerterkennung erfolgt direkt am Eingang, so daß der Einfluß von Verstärkungsschwankungen auf die Schwellenwerterkennungsfunktion praktisch beseitigt ist. Dadurch wird es möglich, die Schwellenwert-Spezifikation über den gesamten Temperaturbereich zu garantieren. Probleme durch das Absinken des Strom-Übertragungsverhältnisses werden somit nahezu völlig beseitigt.

Die hochverstärkende Ausgangsstufe des HPCL-3700 enthält einen Split-Darlington mit offenem Kollektor, der sowohl für TTL-kompatible Sättigungsspannungen als auch für CMOS-kompatible Durchbruchspannungen sorgt. Seine Eigenschaften machen ihn für zahlreiche Anwendungen in Mikroprozessor-Interfaceschaltungen interessant, beispielsweise zur Abfrage von Grenzschaltern, zur Erkennung kleiner Spannungen, zur Überwachung von Gleich- oder Wechselspannungen zwischen 5 und 240 V sowie für die Überwachung von Strömen oder Relais.

Sicherheitsnorm für Lasereffekte

Auf Opernbühnen, bei Rockkonzerten, in Fernsehstudios und in Diskotheken wird heute vielfach mit Lasereffekten gearbeitet. Laserstrahlen sind jedoch gefährlich; bereits geringe Strahlungsstärken können das Auge verletzen und irreparable Schäden hinterlassen.

Im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. erarbeitet daher der Normenausschuß Theatertechnik (FNTh) z. Z. eine Norm mit sicherheitstechnischen Anforderungen an Bühnenlaser. Diese Norm, die sowohl den Wünschen der Gestalter als auch den Sicherheitsanforderungen der Techniker gerecht wird, vor allem aber einen Schutz für die Besucher sicherstellt, wird die Vielzahl der möglichen Effekte beschreiben und die maximale Stärke des Laserstrahls festlegen. Die ersten Arbeitsergebnisse will das DIN Mitte 1980 der Öffentlichkeit vorlegen.

AEG-Telefunken vergrößerte Fertigungskapazität für optoelektronische Bauelemente

Um dem ständig steigenden Bedarf an optoelektronischen Bauelementen gerecht zu werden, baute AEG-Telefunken im Jahre 1979 eine neue Fabrik mit einer Fabrikationsfläche von etwa 450 m² für die Herstellung optoelektronischer Pellets. Das Bild zeigt einen Blick in die Belackungsanlage. Hier werden die zur Strukturierung der Oberfläche erforderlichen UV-empfindlichen Fotolacke aufgebracht und zu einem Lackfilm mit konstanter Dicke verteilt. Wegen der unterschiedlichen Formate und Größen, vor allem aber wegen der hohen Bruchempfindlichkeit des Halbleitermaterials werden die Scheiben von Hand aufgelegt.

Täglich werden bei AEG-Telefunken rund 1,5 Mio. Chips für optoelektronische Bauelemente gefertigt. Davon entfallen ca. 30 % auf Infrarot-Bauteile und 70 % auf Leuchtdioden.

In der Belackungsanlage wird UV-empfindlicher Fotolack auf die Halbleiterscheiben aufgebracht

Dr. Christian Clemen, Werner Späth

Fotoelektronische Senderelemente

Lumineszenzdioden sind aus der modernen Elektronik nicht mehr wegzudenken. Eine stürmische Entwicklung im letzten Jahrzehnt führte zur Massenherstellung von rot-, gelb-, grün- und infrarotstrahlenden Typen. Weltweit wurden allein im vergangenen Jahr weit über eine Milliarde dieser Bauelemente produziert.

Lichtemittierende Dioden (LEDs) finden Anwendung als Indikatorlämpchen, Siebensegment-Ziffernanzeigen oder alphanumerische Anzeigen, in Meßgeräten, Fernsprech-, Daten- und Signalanlagen sowie in Geräten der Haushaltselektronik, Unterhaltungs- und Konsumelektronik.

In Optokopplern, Lichtschranken, in der Infrarot-(IR-)Fernsteuerung und IR-Entfernungsmessung werden IR-emittierende Dioden (IRED), in der optischen Nachrichtenübertragung über Lichtwellenleiter spezielle Hochleistungs-IRED und Laserdioden (LD) eingesetzt. Die Vorteile dieser Halbleiterstrahlungsquellen sind im wesentlichen niedrige Betriebstemperaturen, hohe mechanische Stabilität, kleine Abmessungen, hohe Lebensdauer und nicht zuletzt die Modulierbarkeit der Emission. Ein weiterer Vorzug ist ihre Kompatibilität mit modernen Halbleiterschaltkreisen.

Den fotoelektronischen Senderelementen ist gemeinsam, daß die Strahlung in einem Halbleiterkristall erzeugt wird. Im Gegensatz zur Glühlampe, in der elektrische Energie zunächst in Wärmeenergie und dann in Lichtenergie umgewandelt wird, geschieht diese Umwandlung in fotoelektrischen Senderelementen direkt. Man spricht daher auch in Verbindung mit LED von *kaltem Licht*.

Eine weitere Eigenschaft, in der sich fotoelektrische Senderelemente von der Glühlampe unterscheiden, ist die, daß sie Strahlung nur in einem engen Wellenlängenbereich, d.h. als fast einfarbiges Licht, emittieren. Die Wellenlänge der emittierten Strahlung wird durch die Energielücke des Halbleitermaterials bestimmt. Fotoelektrische Senderelemente basieren daher auf der Kenntnis der Technologie einer großen Zahl von verschiedenen Halbleitermaterialien. Zur Zeit überdecken sie einen Wellenlängenbereich von Blau bis zum fernen Infrarot.

Die bekanntesten Bauelemente sind die Senderelemente für den sichtbaren Bereich, also LEDs in den Farben Rot, Gelb und Grün. Den Senderelementen des nahen Infrarotbereiches kommt besondere Bedeutung für die Informationsübertragung oder den Einsatz in speziellen Bauelementen (z.B. Optokopplern) zu. Bauelemente für den Bereich des fernen IR bis 40 µm sind wichtig für Nachtsichtgeräte; sie sollen aber in diesem Artikel nicht behandelt werden.

Arbeitsweise

Die Licht- bzw. Strahlungserzeugung in Halbleitern beruht auf einer strahlenden Rekombination von Elektronen und Löchern. Die bei der Wiedervereinigung von Elektronen und Löchern freiwerdende Energie wird in Form von Photonen emittiert. Zur Anregung muß die Anzahl der Elektronen und Löcher im Kristall über ihre Gleichgewichtskonzentration hinaus erhöht werden. Diese Anregung erfolgt in Lumineszenzdioden über einen in Flußrichtung betriebenen pn-Übergang.

In *Bild 1a* ist das Energieschema für einen pn-Übergang ohne äußere Spannung gezeigt. Aufgrund der unterschiedlichen Dotierung auf beiden Seiten hat sich eine Potentialstufe, die sog. Diffusionsspannung U_D, ausgebildet. Sie verhindert den Übertritt von Majoritätsladungsträgern in das gegenüberliegende Gebiet. Durch Anlegen einer äußeren Spannungsquelle U_B (*Bild 1b*)

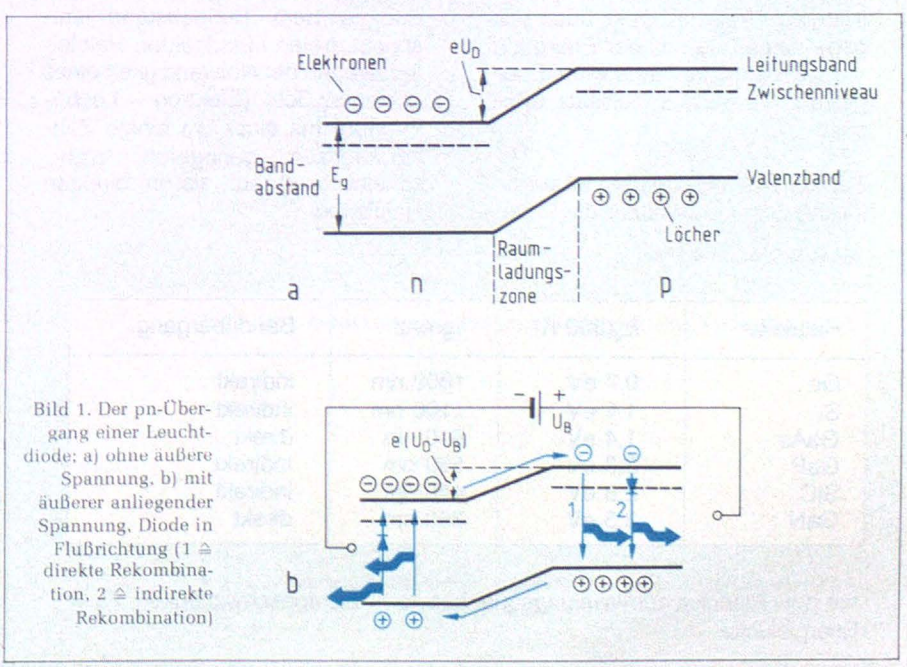


Bild 1. Der pn-Übergang einer Leuchtdiode: a) ohne äußere Spannung, b) mit äußerer anliegender Spannung. Diode in Flußrichtung (1 ≙ direkte Rekombination, 2 ≙ indirekte Rekombination)

wird die Potentialbarriere abgebaut. Dabei werden Elektronen aus dem n-Gebiet in das p-Gebiet sowie Löcher in entgegengesetzter Richtung injiziert. Die so in den Gebieten nahe dem pn-Übergang erzeugten überschüssigen Minoritätsladungsträger rekombinieren mit den jeweiligen Majoritätsladungsträgern. Dadurch wird der Gleichgewichtszustand wiederhergestellt.

Die Rekombination kann nun strahlend erfolgen, unter Aussendung von Photonen. Der weitaus häufigere Fall ist nichtstrahlende Rekombination; die freiwerdende Energie wird dabei in Form von Wärmeenergie an das Kristallgitter abgegeben. Zentren für nichtstrahlende Rekombination sind Störungen des Kristallgitters oder – bei der Kristallherstellung unvermeidliche – Verunreinigungen. Welcher der beiden konkurrierenden Prozesse – strahlende bzw. nichtstrahlende Rekombination – dominiert, wird vor allem durch die Bandstruktur des Halbleiters bestimmt (siehe Kasten).

Das Verhältnis aus der Zahl der emittierten Photonen zu der Zahl der injizierten Ladungsträger bezeichnet man als den äußeren Quantenwirkungsgrad der Lumineszensdiode. Von den erzeugten Photonen verlassen infolge von Reabsorption und Totalreflexion nur ein Bruchteil den Halbleiterkristall. Der Winkel der Totalreflexion an der Grenzfläche zwischen Halbleiterkristall und Luft liegt bei etwa 17°, da LED- und IRED-Halbleitermaterial einen Brechungsindex von etwa 3,4 besitzt. Von der Gesamtstrahlung, die im Inneren eines solchen Halbleiterkristalls erzeugt wird, können deswegen auf direktem Wege nur etwa 2 % durch die Grenzfläche austreten.

Materialien für Lumineszenzdioden

Die bekanntesten Halbleiter Silizium und Germanium sind indirekte Halbleiter. Auch sind bis heute keine isoelektronischen Störstellen bekannt, die in diesen Halbleitern zu effektiver strahlender Rekombination führen würden. Sie können daher nicht als Material für Lumineszenzdioden eingesetzt werden.

Erst 1952 gelangte man mit der Entdeckung der III/V-Verbindungs-Halbleiter durch Welker zu einer großen Klasse von Halbleitern, deren Lumineszenzstrahlung in Lumineszenzdioden ausgenutzt werden konnte. Die größte Zahl der heute auf dem Markt befindlichen LEDs und IREDs basieren auf Galliumarsenid (GaAs), Galliumphosphid (GaP) und den ternären Mischungen Galliumarsenidphosphid (GaAsP).

Aus der Vielzahl der für Lumineszenzdioden möglichen Verbindungshalbleiter werden diese heute am besten technologisch beherrscht.

GaAs, mit einem Bandabstand von 1,45 eV, ist ein direkter Halbleiter und dient als Material für die Herstellung von IREDs.

GaP, mit einem Bandabstand von 2,26 eV (grün), ist hingegen ein indirekter Halbleiter, in dem die Wahrscheinlichkeit für strahlende Übergänge klein ist.

Direkte und indirekte Halbleiter

Man unterscheidet zwischen Halbleitern mit direktem und indirektem Bandübergang, im folgenden kurz als direkter bzw. indirekter Halbleiter bezeichnet. Bei direkten Halbleitern kann die Rekombination eines Elektron-Loch-Paares direkt unter Abgabe eines Photons der Energie $hf = E_g$ erfolgen, da hier sowohl Energiesatz als auch Impulssatz erfüllt sind.

Bei indirekten Halbleitern ist zur Erfüllung des Impulssatzes die Erzeugung von ein oder mehreren Phononen (d.h. Gitterschwingungen) notwendig; diese sorgen für einen Impulsausgleich. Strahlungsverbundene Rekombinationen unter Aussendung eines Photons, dessen Energie dem Bandabstand entspricht, treten in indirekten Halbleitern wegen der Notwendigkeit eines „Dreierstoßes" (Elektron – Loch – Phonon) mit einer um einige Zehnerpotenzen geringeren Wahrscheinlichkeit auf als in direkten Halbleitern.

Halbleiter	E_g(300 K)	λgrenz	Bandübergang
Ge	0,7 eV	1800 nm	indirekt
Si	1,1 eV	1100 nm	indirekt
GaAs	1,4 eV	840 nm	direkt
GaP	2,3 eV	560 nm	indirekt
SiC	2,8 eV	440 nm	indirekt
GaN	3,5 eV	350 nm	direkt

mit h = Plancksches Wirkungsquantum, c = Lichtgeschwindigkeit, E_g = Energielücke

Durch den Einbau von isoelektronischen Störstellen gelingt es jedoch, in einigen indirekten Halbleitern strahlende Rekombination wirksam zu erzeugen. Isoelektronische Störstellen sind Dotieratome oder -moleküle, die die gleiche Wertigkeit haben wie die Atome oder Moleküle, die sie ersetzen. Sie führen also nicht wie übliche Dotierstoffe zu Überschußladungsträgern.
Einige isoelektronische Störstellen sind allerdings aufgrund der zu den Atomen des Wirtskristalls unterschiedlichen Kernabschirmung in der Lage, in besonderer Weise ein Elektron-Loch-Paar (Exziton) so einzufangen, daß die strahlende Rekombination möglich wird (Impulsausgleich). Die Rekombination erfolgt über ein Zwischenniveau unterhalb der Bandkante. Dadurch ist die Energie des abgestrahlten Photons etwas geringer als es der Bandlücke entspricht.
Die Wellenlänge λ der emittierten Strahlung berechnet sich aus der Energie E des Photons nach der Formel

$$\lambda_{grenz} = \frac{h \cdot c}{E_g} \approx \frac{1240}{E_g\,(eV)}\,(nm)$$

Halbleiter mit Energielücken zwischen diesen beiden Grenzen und damit auch Photonenergien, die in den sichtbaren Bereich (1,7 eV < Eg < 3,2 eV) hineinreichen, lassen sich mit Mischkristallen der Zusammensetzung $GaAs_{1-x}P_x$ herstellen. Mit zunehmendem Phosphoranteil der Verbindung von x = 0 bis x = 1 erhöht sich der Bandabstand kontinuierlich von 1,45 eV auf 2,26 eV. Die Bandstruktur der Mischkristallhalbleiter bleibt bis zu einer Zusammensetzung $x_c \approx 0{,}49$ bei einem Bandabstand von Eg = 1,95 eV (hellrot) direkt und wird für $E_g > 1{,}95$ eV indirekt. Die anfängliche Entwicklung der GaAsP-Technologie konzentrierte sich daher auf die Verbindung $GaAs_{0,6}P_{0,4}$. Aus diesem Material werden rote LEDs (sog. Standard-Rot) mit hohem Wirkungsgrad hergestellt.

Durch den Einbau von isoelektronischen Störstellen in die genannten indirekten Halbleiter wird es möglich, die Wahrscheinlichkeit für strahlende Rekombination stark zu erhöhen. Die isoelektronischen Rekombinationszentren mit dem höchsten Wirkungsgrad sind der Stickstoff und das Zinkoxidmolekül. Bei mit Stickstoff dotiertem GaP erhält man je nach der Höhe der Dotierung gelbes bis gelbgrünes Licht, bei Dotierung mit Zink und Sauerstoff dagegen rotes Licht. Mit stickstoffdotierten $GaAs_{1-x}P_x$ Mischkristallen werden gelbe und orangerote LEDs hergestellt, und zwar erstere mit $GaAS_{0,15}P_{0,85}$:N und letztere mit $GaAs_{0,35}P_{0,65}$:N.

Neuere Entwicklungen haben das Ziel, die Materialqualität zu verbessern und das Farbenspektrum im sichtbaren Bereich in Richtung blauleuchtender LEDs zu erweitern. So gelingt es, durch besondere Maßnahmen bei der Kristallzucht effiziente GaP-LEDs auch ohne Stickstoffdotierung herzustellen, deren Emission ein Grün ergibt, das dem Bandabstand entspricht (λ = 555 nm). Halbleiter, mit denen blaue Lumineszenzdioden hergestellt werden können sind GaN, ZnS, ZnSe, SiC. Die ersten dieser Halbleiter weisen zwar eine direkte Bandstruktur auf, lassen sich aber nicht bipolar dotieren.

Dagegen ist es gelungen, aus dem indirekten Halbleiter SiC bei Temperaturen um 2000 °C blaue LEDs herzustellen. Die Produktion ist jedoch begrenzt, da großflächige SiC-Substrate fehlen. Z.Z. werden die Substrate aus SiC-Drusen gewonnen, die bei der SiC-Herstellung für Schleifpulver anfallen.

Die wichtigsten Hochleistungs-IREDs und Halbleiterlaser basieren auf dem ternären Mischkristallsystem $Al_xGa_{1-x}As$. Der Bandabstand dieses Systems wächst von 1,45 eV (x = 0) auf 2,16 eV (x = 1) an, wobei der maximale direkte Bandabstand 1,92 eV (x_c = 0,37) beträgt.

Kristallzucht und Epitaxie

Ausgangsmaterial für Lumineszenzdioden ist einkristallines GaAs und GaP. GaAs-Kristalle werden nach dem Boot-Ziehverfahren hergestellt, während GaP-Kristalle mit Durchmessern bis zu 2 Zoll nach dem apparativ aufwendigen Schutzschmelzeverfahren (Liquid Encapsulation Czochralski, LEC) gezogen werden. Die aus den Einkristallen gesägten Scheiben sind jedoch kristallographisch nicht fehlerfrei genug, um die strahlende Rekombination effektiv zustande kommen zu lassen. Vielmehr muß auf diese Scheiben eine Epitaxieschicht mit verbesserter Kristallqualität sowie geeigneter Dotierung und Zusammensetzung aufgebracht werden.

Als Epitaxieverfahren hat sich bei GaAs-IRED, GaAlAs-Lasern sowie GaP:N-LED das Schmelzepitaxieverfahren (Liquid Phase Epitaxy, LPE) bewährt, während LED aus $GaAs_{1-x}P_x$ Halbleitern nach dem Gasphasenepita-

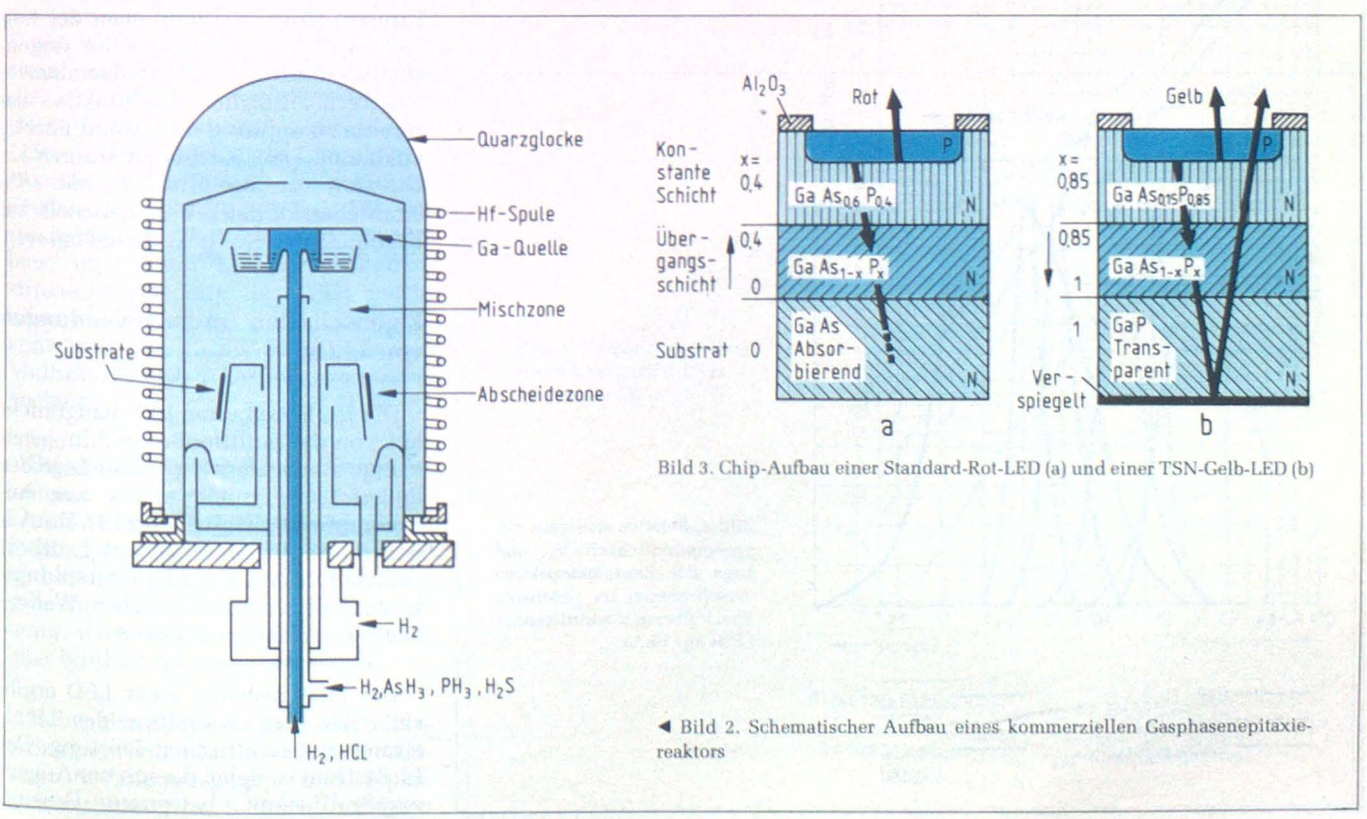


Bild 3. Chip-Aufbau einer Standard-Rot-LED (a) und einer TSN-Gelb-LED (b)

◀ Bild 2. Schematischer Aufbau eines kommerziellen Gasphasenepitaxiereaktors

xieverfahren (Vapour Phase Epitaxy, VPE) hergestellt werden.

Das Schmelzepitaxieverfahren

Bei diesem Verfahren wird auf die Substratscheibe aus einer mit As- bzw. P-gesätigten Ga-Schmelze bei ca. 900 °C durch Temperaturabsenkung eine GaAs- bzw. GaP-Schicht abgeschieden. Dieses Verfahren läßt sich aufgrund perfekter Gitteranpassung auch für Mehrschichtstrukturen aus $Al_xGa_{1-x}As$ verwenden. Dabei werden verschiedene Schmelzen durch ein Graphitschiebeboot nacheinander mit der GaAs-Substratscheibe in Berührung gebracht.

Das Gasepitaxieverfahren

Beim Gasepitaxieverfahren werden die Elemente des Halbleiters und die Dotierung in gasförmigen Verbindungen über die Substratscheiben geleitet, auf die bei Temperaturen zwischen 700 und 800 °C eine Epitaxieschicht aufwächst. Als Trägergas dient Wasserstoff. In *Bild 2* ist das Prinzipbild einer kommerziell verwendeten Gasphasenepitaxieanlage gezeigt. Da sich die Gitterkonstante des Systems $GaAs_{1-x}P_x$ mit wachsendem x ändert, muß zur Vermeidung von Versetzungen und Spannungen das Kristallwachstum auf dem Substratkristall mit der Zusammensetzung des Substrats begonnen werden. Während des Schichtwachstums wird die Zusammensetzung langsam bis zum endgültigen Wert geändert (Übergangsschicht, graded layer).

Das schon lang eingeführte Standard-Rot-Material besteht aus einer $GaAs_{0,6}P_{0,4}$-Schicht auf GaAs-Substrat, das für die emittierte Strahlung absorbierend wirkt.

$GaAs_{1x}P_x$:N für die Farben Hellrot, Gelb und Grün wird auf ein GaP-Substrat abgeschieden, das gegenüber der Epitaxieschicht einen höheren Bandabstand hat und somit für die emittierte Strahlung transparent ist. Dies führt zu einer wesentlichen Steigerung der Lichtauskopplung, denn Licht, das in Richtung des Substrats emittiert wird, geht dort nicht verloren, sondern kann an der Rückseite und den Seitenflächen des Diodenkristalls reflektiert werden und anschließend aus diesem austreten. Für diese LED-Typen wird auch die Bezeichnung TSN (Transparent Substrat, Nitrogen) verwendet.

Herstellung und Aufbau von Lumineszenzdioden

Die Fertigung von Lumineszenzdioden verläuft ähnlich wie die von Si-Dioden. Als Beispiel für den Aufbau einer LED ist in *Bild 3* ein Schnitt durch einen Diodenkörper für eine Standard-Rot-LED und für eine TSN-Gelb-LED gezeigt.

Bei der Si-dotierten GaAs-IR-Diode und der GaP:N-Grün-Diode wird der pn-Übergang während der Flüssigphasenepitaxie erzeugt. Bei den anderen Typen entsteht der pn-Übergang durch Eindiffusion von Zink in die n-dotierten Scheiben. Man unterscheidet zwischen Mesatypen und Planartypen.

Im Fall der Planartypen geschieht die Diffusion selektiv durch Fenster in einer Al_2O_3- oder Si_3N_4-Schicht, die zuvor freigeätzt wurde. Sperrfreie Kontakte werden durch Aufdampfen und Einlegieren von Goldlegierungen oder Aluminium hergestellt.

Bei TSN-LEDs kann die Lichtausbeute dadurch erhöht werden, daß der absorbierende und daher schlecht reflektierende ohmsche Rückkontakt nur einen geringen Teil der Diodenrückseite bedeckt. Anschließend werden die Scheiben durch Ritzen und Brechen oder Sägen in die einzelnen, meistens 0,35 mm x 0,35 mm x 0,25 mm großen Diodenchips zerteilt. Auf diese Weise können auf einer einzigen Kristallscheibe über 10 000 Diodenchips gleichzeitig hergestellt werden.

Der Chip wird dann auf Träger montiert und gebondet. Das Gehäuse besteht in der Regel aus einem transparenten Kunststoffkörper, dem neben der notwendigen Schutzfunktion im Gegensatz zu anderen Halbleiterbauelementen noch zusätzlich die Funktion der Strahlauskopplung und Strahlführung zukommt. Dem Kunststoff können ein Diffusor zur Beeinflussung der Abstrahlcharakteristik und Farbstoff zur Erhöhung des Kontrasts beigefügt sein.

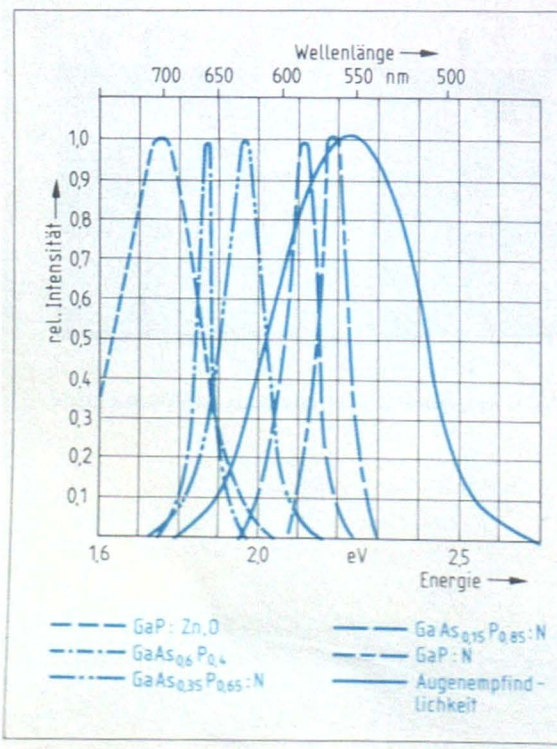


Bild 4. Relative spektrale Augenempfindlichkeit V_λ und Lage der Emissionsspektren verschiedener, im sichtbaren Spektralbereich emittierender LEDs aus GaAs

Eigenschaften und Anwendungen von LEDs

Die Helligkeit einer LED hängt nicht nur von der emittierten Strahlungsleistung, sondern auch von der Lage des Emissionsspektrums relativ zur Augenempfindlichkeit ab (*Bild 4*). Die Augenempfindlichkeitskurve V_λ drückt aus, daß das Auge gleiche Strahlungsleistungen unterschiedlicher Wellenlänge verschieden bewertet.

Die Lichtausbeute einer LED ergibt sich aus dem Verhältnis des Lichtstroms zur elektrischen Leistung. Der Lichtstrom ist dabei die mit der Augenempfindlichkeit bewertete Gesamt-

Herstellungsverfahren und Eigenschaften der wichtigsten LEDs

Aktives Material	Substrat	Epitaxie (VPE = Gasepitaxie LPE = Schmelzepitaxie)	pn-Übergang	Farbe (dominante Wellenlänge in nm)	Äußerer Quanten-Wirkungsgrad (vergossen) %		Lichtausbeute (vergossen) lm/W	
					Markt	∅ max.	Markt	∅ max.
$GaAs_{0,6}P_{0,4}$	GaAs	VPE	Diffusion	Rot (640)	0,2	0,5 (a)	0,15	0,4
$GaAs_{0,35}P_{0,65}$:N	GaP	VPE	Diffusion	Rotorange (630)	0,4	0,6 (b)	0,8	1,2
GaP:Zn,O	GaP	LPE	LPE	Rotorange (630)	4,0	15 (c)	0,6	3,0
$GaAs_{0,15}P_{0,85}$:N	GaP	VPE	Diffusion	Gelb (590)	0,2	0,3 (b)	0,9	1,4
GaP:N	GaP	VPE u. LPE	Diffusion u. LPE	Gelbgrün (575)	0,1	0,7 (d)	0,6	4,5
SiC:Al,N	SiC	LPE	LPE	Blau (470)	–	0,004	–	0,01
GaAs:Si	GaAs	LPE	LPE	IR (940)	15	28	–	–
GaAs:Zn	GaAs	–	Diffusion	IR (900)	0,5	1,5	–	–
$Ga_{0,7}Al_{0,3}As$	GaAs	LPE	LPE	IR (820...880)	–	30	–	–

(a) bei 50 Acm^{-2}, (b) bei 500 Acm^{-2}, (c) bei 1 Acm^{-2}, (d) bei 100 Acm^{-2}

strahlung, die die LED verläßt, multipliziert mit 673 lm/W.

In der *Tabelle* sind die Herstellungsverfahren und Eigenschaften der wichtigsten LEDs zusammengestellt. Die Abhängigkeit des emittierten Lichtstroms vom Diodenstrom ist nur im Fall der $GaAs_{0,6}P_{0,4}$-Diode nahezu linear, die Lichtemission der roten GaP:ZnO-Diode sättigt ab etwa 5 mA Diodenstrom, während bei allen TSN-Dioden die Lichtemission mit dem Diodenstrom überproportional ansteigt. Die Lichtstrom/Diodenstrom-Charakteristik der in der Tabelle aufgeführten Dioden ist in *Bild 5* gezeigt. Die mit Ausnahme der GaP:ZnO-Diode lineare bzw. überlineare Lichtstrom/Diodenstrom-Charakteristik der LEDs macht diese zusammen mit der kleinen Ansprechzeit von 10 bis 200 ns für den Multiplexbetrieb in Displays besonders geeignet.

Bei den LEDs gibt es außer den bekannten 3-mm- und 5-mm-Standardbauformen für spezielle Anwendungen rechteckige, quadratische, dreieckige und andere geometrische Formen, sogenannte PIC-LEDs. Durch die Formgebung wird die Information symbol- oder bildhaft (*pic*ture) dargestellt.

Neben den Anwendungen als Indikatorlampe werden LEDs auch in Siebensegment-Ziffernanzeigen und alphanumerischen 7 x 5-Matrix-Anzeigen eingesetzt. Bei LED-Displays unterscheidet man grundsätzlich zwischen monolithischen und hybriden oder diskreten Displays. Monolithische Displays werden fast ausschließlich in der Farbe Rot hergestellt. Dabei ist die ge-

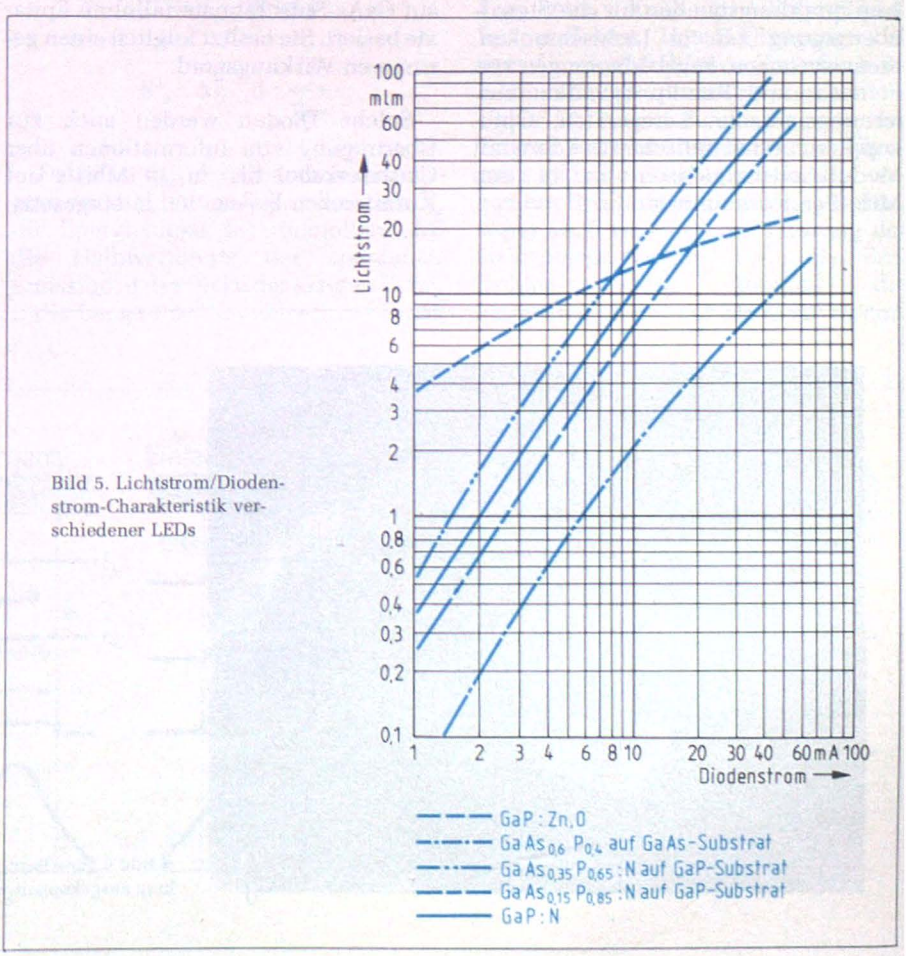


Bild 5. Lichtstrom/Diodenstrom-Charakteristik verschiedener LEDs

samte Ziffer als pn-Übergang auf einem einzigen $GaAs_{0,6}P_{0,4}$-Kristall auf absorbierendem GaAs-Substrat untergebracht. Dadurch wird ein Übersprechen des Lichtes zu anderen Ziffern vermieden.

Bei hybriden Displays befindet sich ein LED-System auf dem Boden einer Reflektorwanne, die von diesem ausgeleuchtet wird. Hierfür eignen sich besonders TSN-LEDs mit isotroper Abstrahlcharakteristik. Die Reflektorwanne wird mit Kunststoff, dem Farbe und Diffusor beigegeben werden, ausgegossen. Mit dieser Technik werden rote, gelbe und grüne Displays mit einer Höhe zwischen 7 mm und 18 mm hergestellt.

Eigenschaften und Anwendungen von IREDs

In der Tabelle sind auch die Herstellungsverfahren und Eigenschaften der wichtigsten IREDs aufgeführt. Infolge der effektiven strahlenden Rekombination in dem direkten Halbleiter GaAs werden mit diesen IREDs höhere Strahlungsleistungen erreicht als mit LEDs. Die IREDs werden daher als modulierbare Strahlungsquellen für die Signalübertragung z.B. in Lichtschranken, Steuersystemen, Fernbedienungen von Fernseh- und Rundfunkgeräten, Entfernungsmessern, Lesegeräten, Optokopplern und in optischen Sendern mit Modulationsfrequenzen bis in den MHz-Bereich eingesetzt.

Bei vielen Anwendungen ist die Strahlungskonstanz der IREDs über viele tausend Stunden ($> 10^5$h) besonders wichtig, eine Forderung, die von modernen GaAs-Dioden hervorragend erfüllt wird.

Als Empfänger werden Si-Fotodetektoren eingesetzt, deren spektrale Empfindlichkeit der Emission der GaAs-IRED gut angepaßt ist.

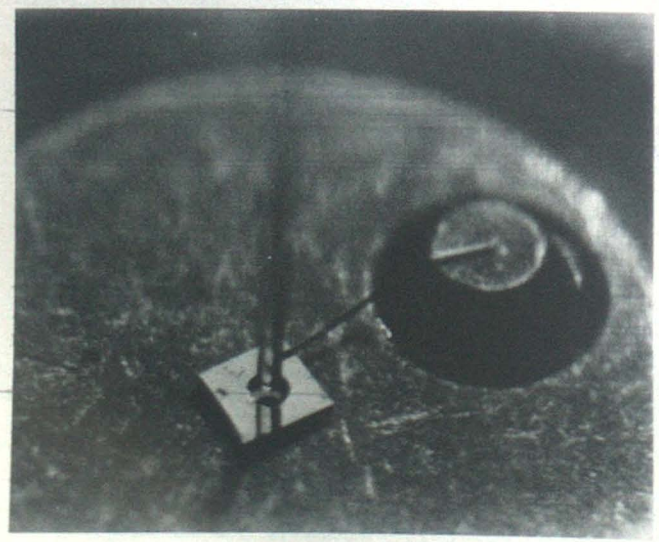
Es gibt im wesentlichen zwei verschiedene GaAs-IRED-Typen. Der eine ist der Si-dotierte GaAs-Typ mit hohem externen Quanten-Wirkungsgrad bis zu 28 %, der durch LPE hergestellt wird. Der pn-Übergang bildet sich während der Epitaxie wegen des amphoteren Charakters des Siliziums, das bei Temperaturen oberhalb 890 °C in GaAs als Donator und darunter als Akzeptor eingebaut wird.

Die für die strahlende Rekombination wirksame LPE-GaAs-Schicht weist aber hohe Lebensdauern der Minoritätsladungsträger auf, die Anstiegszeiten um 1 µs bedingen. Für Anwendungen bei denen geringere Anstiegszeiten erforderlich sind, wird daher die zinkdiffundierte GaAs-Diode verwendet, die auf GaAs-Substratmaterial ohne Epitaxie basiert. Sie besitzt folglich einen geringeren Wirkungsgrad.

Solche Dioden werden auch zur Übertragung von Informationen über Glasfaserkabel bis zu 10 Mbit/s auf Kurzstrecken bis ca. 500 m eingesetzt. Signalübertragung über größere Entfernungen und mit noch höheren Bitraten ist allerdings nur mit den im Aufbau wesentlich komplizierteren Mehrschichten-IREDs vom Burrus-Dioden-Typ oder mit Halbleiterlasern möglich. Dabei besitzt eine Burrus-Diode einen ähnlichen Schichtaufbau wie die im folgenden Abschnitt beschriebene Laserdiode. Sie arbeitet aber nur im Bereich der Spontanemission. *Bild* 6 zeigt eine Burrus-Diode, die an eine Glasfaser gekoppelt ist.

Durch Begrenzung des p-Kontaktflecks bei der Burrus-Diode auf ungefähr 50 µm Durchmesser wird die Stromdichte und damit die Strahlungsdichte in der aktiven Zone erhöht. Zur Verringerung der Eigenabsorption wird die Strahlung durch das n-Gebiet ausgekoppelt. Außerdem wird das GaAs-Substrat an der Stelle, wo die Strahlung austritt, weggeätzt, so daß nur noch die wenige µm dicke Epitaxieschicht stehen bleibt.

Die Burrus-Diodenchips werden in speziellen Diodensockeln niedrigen Wärmewiderstandes mit Kunstharz flach vergossen. Dieser Aufbau garantiert eine trennbare, mit niedrigen Koppelverlusten behaftete Dioden-Glasfaser-Verbindung. Typische Daten, die mit einer Burrus-Diode erreicht werden, sind: Wellenlängen um 830 nm, spektrale Linienbreite 40 nm, Strahldichten 40...70 mW/sr bei 150 mA und Modulations-Bandbreiten zwischen 30 und 60 MHz.



◄ Bild 6. Eine Burrus-Diode, aus der mit einer Glasfaser die Strahlung ausgekoppelt wird

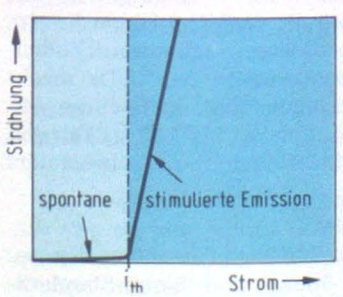


Bild 7. Strahlungs-Strom-Kennlinie einer Laserdiode mit den Bereichen der spontanen und der stimulanten Emission

Laserdioden

Von gewöhnlichen IREDs unterscheiden sich die Mehrschicht-GaAs/GaAlAs-Laser – auf diese wollen wir uns wegen ihrer praktischen Bedeutung beschränken – wie bei anderen Lasern dadurch, daß

O das emittierte Licht auf einen sehr schmalen Frequenzbereich beschränkt ist (monochromatische Strahlung),

O ein fester Phasenzusammenhang zwischen den einzelnen Wellenzügen der Lichtquelle besteht (Kohärenz) und

O die Abstrahlung des kohärenten Lichtes nicht in alle Richtungen, sondern im wesentlichen in Richtung der Resonatorachse erfolgt.

Arbeitsweise

Damit in einer Diode ein Laserbetrieb stattfinden kann, müssen zwei Voraussetzungen erfüllt sein: Einerseits muß die aktive Zone eine Besetzungsinversion zulassen, damit stimulierte Emission möglich ist, andererseits muß die äußere Form der Diode für die erzeugte Strahlung einen optischen Resonator bilden (Rückkopplung), in dem beim Durchlaufen der Welle die optische Verstärkung die optischen Verluste übersteigt.

Den Resonator stellt man in der Regel als Fabry-Perot-Struktur durch Spalten des Kristalles in zwei zur aktiven Zone senkrechte und zueinander parallele Flächen her. Die Spaltflächen haben wegen des hohen Brechungsindexes von GaAs genügend hohe Reflexion, um als Resonatorspiegel wirken zu können. Wegen der Kleinheit der Resonatorflächen tritt beim Austritt der Strahlung Beugung auf, so daß das emittierte Licht stark divergent ist. Hierin unterscheidet sich der Halbleiterlaser grundsätzlich von anderen Lasern.

Inversion

Bei niedrigen Stromstärken verhält sich eine Laserdiode wie eine gewöhnliche Lumineszenzdiode (*Bild 7*). Erst wenn die Stromstärke so weit erhöht wird, daß die Minoritätsträgerinjektion in der aktiven Zone der Diode das thermische Gleichgewicht so stark stört, daß Besetzungsinversion erreicht wird, setzt Laserfunktion ein. In diesem Zustand wird ein ankommendes Photon mit der Energie $E_g < E < E_g + (E_{\Phi n} - E_{\Phi p})$ nicht mehr absorbiert, sondern löst im Gegenteil einen Rekombinationsprozeß aus, bei dem weitere Photonen erzeugt werden.

Die Stromdichte, bei der die Lasertätigkeit einsetzt, nennt man Schwellenstromdichte i_{th}. Für sie gilt:

$$i_{th} \sim \left[d + \frac{1}{L} \cdot \ln \frac{1}{R}\right] \cdot \frac{1}{E_g^2 \cdot \Delta E \cdot d \cdot \eta_{opt}}$$

Dabei ist η_{opt} der Quantenwirkungsgrad der strahlenden Rekombination, E_g die Energielücke des Halbleiters, ΔE die Halbwertbreite der spontanen Emission, d die Dicke der aktiven Zone, L die Länge des Resonators und R das Reflexionsvermögen der Spiegel. Der zweite Summand in der Klammer beschreibt die optischen Verluste.

Der Aufbau

Die Schwellenstromdichte i_{th} wird wesentlich durch die Dicke d der aktiven Zone beeinflußt.

pn-Laserdiode

Bei der diffundierten pn-Laserdiode ist die Dicke der aktiven Zone durch die Diffusionslänge der Elektronen im p-Gebiet gegeben (*Bild 8a*). Bei solchen Dioden liegen die Schwellenströme bei Raumtemperatur über 10^5 A/cm²; damit lassen sie eine technische Verwendung bei Raumtemperatur nicht zu.

Einfachhetero-Laser

Eine wesentliche Verringerung der Schwellenstromdichte wurde hier mit der Einführung von Heterostrukturen erreicht. Beim sogenannten Einfachhetero-Laser wird zur Verkleinerung der Dicke der aktiven Zone eine p-leitende Schicht mit höherem Bandabstand aufgebracht, die als Barriere für die Elektronen wirkt (*Bild 8b*). GaAlAs auf GaAs bildet aufgrund nahezu gleicher Gitterkonstanten einen kristallographisch fast perfekten Hetero-Übergang, bei dem die nichtstrahlende Grenzflächenrekombination praktisch vernachlässigbar ist. Neben der Begrenzung der aktiven Zone bewirkt der Hetero-Übergang zwischen GaAs und GaAlAs wegen des Brechungsindexsprunges eine, wenn auch asymetrische Führung der elektromagnetischen Welle. Bei Einfachhetero-Dioden konnten die Schwellenströme auf etwa 10^4 A/cm²

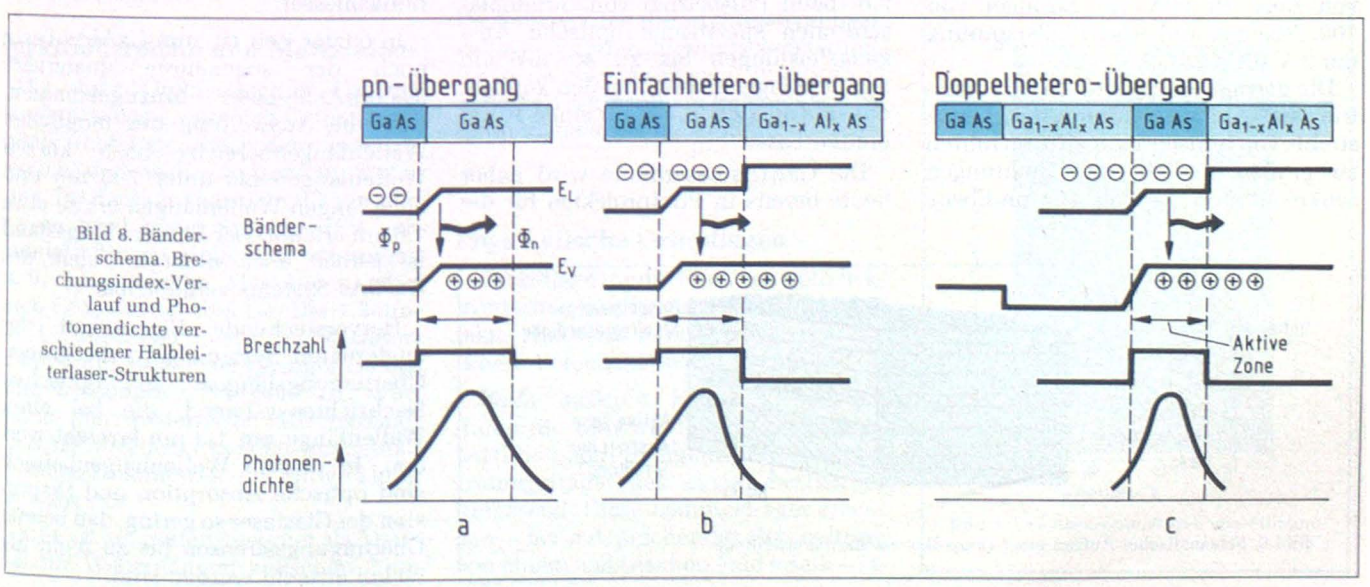


Bild 8. Bänderschema. Brechungsindex-Verlauf und Photonendichte verschiedener Halbleiterlaser-Strukturen

erniedrigt werden, wobei die Dicken der aktiven Zone um 1...2 µm liegen.

Eine weitere Verkleinerung von d ist nicht möglich, da dadurch die Photonendichteverteilung zu weit in das nichtaktive Gebiet verschoben wird, was eine Dämpfung der Welle und damit wieder einen Anstieg von i_{th} bewirken würde.

Doppelhetero-Laser

Der entscheidende Durchbruch gelang mit der Einführung der Doppelhetero-Struktur (DH-Laser) (*Bild 8c*), bei der die aktive Zone zwischen zwei Hetero-Übergängen eingebettet ist. Eine solche DH-Struktur begrenzt die injizierten Ladungsträger von zwei Seiten und wirkt außerdem als optischer Wellenleiter.

Wegen der mit einer solchen DH-Struktur erreichten niedrigen Schwellenstromdichten gelang es erstmals, Laserdioden für Dauerbetrieb bei Zimmertemperatur herzustellen. Die aktive Zone konnte bis auf 0,1 µm verringert und die Schwellenströme bis auf 475 A/cm² herabgesetzt werden. Wesentliche Maßnahme für den Dauerbetrieb war neben der Einführung der DH-Struktur die seitliche Begrenzung der Stromzufuhr mit Hilfe eines streifenförmigen Kontaktes.

Bild 9 zeigt einen schematischen Aufbau eines DH-Lasers. Typische Abmessungen eines DH-Laserdiodenkristalls sind: Länge 400 µm, Breite 500 µm, Dicke 100 µm. Dabei beträgt die Gesamtdicke der epitaktisch abgeschiedenen Schichten nur wenige µm; die Kontaktstreifenbreite beträgt ebenfalls nur wenige µm.

DH-Laserdioden erreichen im Dauerbetrieb bei Zimmertemperatur und darüber eine externe Strahlungsleistung von über 10 mW bei Strömen von 100...200 mA und einer Flußspannung um 2 V (*Bild 10*).

Die geringe Größe und die Asymmetrie der Austrittsöffnung des Laserstrahls von typisch 1 µm x 10 µm führen zu großen und in den Richtungen senkrecht und parallel zur pn-Ebene unterschiedlichen Abstrahlwinkeln. Typische Werte sind $\vartheta = 20...30°$, $\vartheta = 30...50°$.

Eine der wichtigsten Eigenschaften des Halbleiterlasers ist die direkte Modulierbarkeit über den Strom bis in den GHz-Bereich. Die Alterung der Laserdioden, früher ein zentrales Thema, stellt heute im wesentlichen kein Problem mehr dar. Reale Lebensdauern bei Zimmertemperatur haben 30 000 Stunden überschritten, aus Alterungsversuchen bei erhöhter Temperatur kann auf Betriebsdauern bei Zimmertemperatur von 100 000 Stunden geschlossen werden. Ein wichtiges Problem bleibt jedoch die noch zu niedrige Prozeßausbeute bei der Herstellung solcher Laserdioden mit einem hohen Qualitätsstandard.

Den höchsten Entwicklungsstand hat inzwischen die GaAlAs-DH-Laserdiode, wie sie im vorhergehenden Abschnitt beschrieben wurde. Deren Strahlung besitzt eine Wellenlänge zwischen 800 nm und 900 nm. Geeignete Typen können bis zu Pulsraten von 1 Gbit/s betrieben werden, so daß solche Dioden in optischen Nachrichtensystemen eingesetzt werden; z.B. werden in einem Versuchssystem für 560 Mbit/s Übertragungslängen bis zu 7 km erreicht. Das ermöglicht es, 7680 Telefongespräche über eine einzige Faser von ca. 100 µm Durchmesser gleichzeitig zu übertragen.

Bei geeigneter Dimensionierung der Schichtstruktur läßt sich die Emissionswellenlänge von GaAlAs-Laserdioden unter Aufrechterhaltung des Dauerbetriebes bis zu etwa 730 nm verschieben.

Durch technologische Maßnahmen ist es inzwischen gelungen, die Spiegelbelastungsgrenze so zu erhöhen, daß z.B. beim Pulsbetrieb von Streifenlaserdioden spezifische optische Ausgangsleistungen bis zu 40 mW/µm Streifenlänge erhalten werden können, das sind also z.B. 0,4 W für einen 10 µm breiten Laser.

Die GaAlAs-Laserdiode wird daher heute bereits in Pilotprojekten für die Deutsche Bundespost eingesetzt, und zwar als Sender für die optische Nachrichtenübertragung für mittlere Strekkenlängen und hohe Übertragungsraten. Sie ist in naher Zukunft interessant

- als Sender und Empfänger für das Einschreiben bzw. Abtasten von optischen Speichern in der einfachsten Form als Bildplatte;
- als fokussierbare Lichtquelle hoher Modulationsfrequenz, z.B. für Entfernungsmesser.

In letzter Zeit ist zum GaAlAs-Laser noch der sogenannte quaternäre (Ga,In)(As,P)-Laser hinzugekommen, der eine Ausweitung des möglichen Wellenlängenbereichs nach kurzen Wellenlängen bis unter 700 nm und nach langen Wellenlängen bis zu etwa 1,6 µm erlaubt. Der Entwicklungsstand ist jedoch noch nicht mit dem des GaAlAs-Systems vergleichbar.

Hervorstechende Eigenschaft des quaternären Systems sind die großen Übertragungslängen in optischen Nachrichtensystemen, die bei einer Wellenlänge um 1,3 µm erreicht werden. In diesem Wellenlängenbereich sind optische Absorption und Dispersion der Glasfaser so gering, daß bereits Übertragungsstrecken bis zu mehr als 60 km erreicht worden sind.

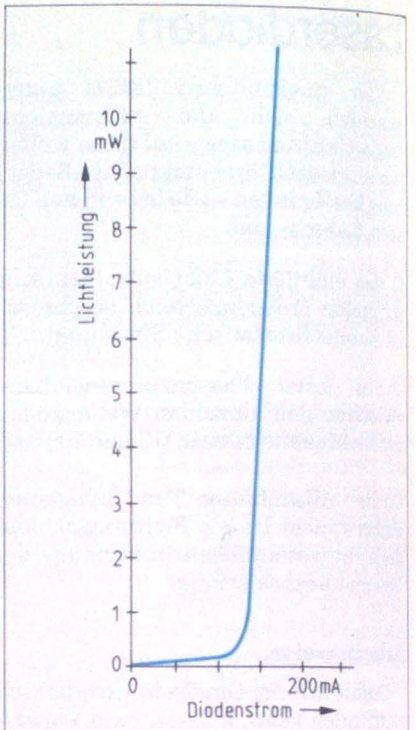


Bild 10. Licht-Diodenstrom-Kennlinie eines GaAlAs/GaAs-Doppelhetero-Streifenlasers bei einer Gehäusetemperatur von 25°C

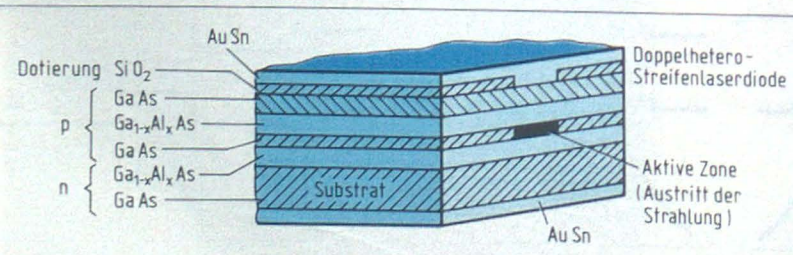


Bild 9. Schematischer Aufbau einer Doppelhetero-Streifenlaserdiode

Dr. Peter Mischel

Fotoelektronische Detektoren

Als Wandler von Lichtsignalen in elektrische Signale haben optoelektronische Detektoren in den letzten Jahren immer größere Bedeutung gewonnen. Obwohl die Fotoeffekte schon im vergangenen Jahrhundert entdeckt wurden, entwickelte sich das Gebiet der optischen Empfänger seit dieser Zeit zunächst nur sehr langsam.

Es bedurfte eines besonderen Impulses, um auf dem Gebiet der optischen Empfänger die Entwicklung voranzutreiben. Dieser wurde durch die Erfindung des Transistors gegeben und die damit einsetzende, bis heute anhaltende Aktivierung der Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Halbleiterbauelemente.

Spektralbereiche und Materialien

Die erste Grobfestlegung für die Auswahl eines geeigneten Detektormaterials richtet sich nach dem Spektralbereich der nachzuweisenden Strahlung. Im Bereich zwischen 0,3 µm und 1,1 µm wird meist Silizium (Si) verwendet, für spezielle Anwendungen (z. B. fotometrische Messungen) aber auch CdS, GaAsP oder Ge. Der 1,3-µm- bis 1,7-µm-Bereich, der für Glasfaserübertragung wegen der geringen Dämpfung besonders interessant ist, wird durch den quaternären Mischkristall InGaAsP abgedeckt, bei dem momentan in vielen Laboratorien die Entwicklung im Gange ist.

InSb ist am besten geeignet als Material für Wellenlängen zwischen 3 µm und 5 µm. In diesem Gebiet ist die Dämpfung des Lichtes in der Atmosphäre gering. Ein weiteres „atmosphärisches Fenster" liegt bei 10 µm. Dafür ist heute CdHgTe das wichtigste Material. Im Bereich 3 µm bis 5 µm wird Strahlung von Körpern emittiert, die eine Temperatur von einigen hundert Grad haben, bei 10-µm-Strahlung von Körpern mit näherungsweise Raumtemperatur. Detektoren aus solchen Materialien finden daher Anwendung bei Geräten für Thermovision u. a.

Wenn auch die Vielzahl der Anwendungen heute den Einsatz dieser verschiedenen Materialien bedingt, sollte nicht verkannt werden, daß Silizium das Halbleitermaterial ist, das technologisch am besten beherrscht wird.

Deshalb werden die wichtigsten physikalischen und technologischen Grundlagen der verschiedenen Funktionstypen stellvertretend am Beispiel von Siliziumdetektoren behandelt.

Physikalische Grundlagen

Grundlage für die Funktion optoelektronischer Empfänger sind die Fotoeffekte. Hier seien nur der äußere und der innere Fotoeffekt beschrieben.

Beim *äußeren* Fotoeffekt werden durch die Einwirkung von Lichtquanten (Photonen) genügend hoher Energie Ladungsträger aus einem Festkörper freigesetzt. Diese Ladungsträger erzeugen – bei entsprechender Beschaltung von einem elektrischen Feld erfaßt – einen Fotostrom. Dieser Effekt wird z. B. bei Vakuumfotozellen ausgenutzt.

Beim *inneren* Fotoeffekt werden in einem Festkörper durch Lichtquanten genügend hoher Energie zuvor gebundene Ladungsträger von ihren Atomen losgelöst (in Halbleitern Erzeugung von Elektron-Loch-Paaren). Diese nun zusätzlich im Festkörper vorhandenen Ladungsträger bewirken eine Änderung der Leitfähigkeit (Fotowiderstand). Sie können auch durch ein eingebautes elektrisches Feld getrennt werden (Fotodiode) und an den Klemmen eines Bauelementes eine Fotospannung erzeugen, bzw. bei äußerer Beschaltung einen entsprechenden Fotostrom I_Φ.

Spektralempfindlichkeit optoelektronischer Empfänger

Die Strahlungsempfindlichkeit hängt im wesentlichen vom Absorptionsvermögen eines Stoffes für Licht einer bestimmten Wellenlänge ab. Die Absorptionskurve von Silizium ist in *Bild 1* dargestellt. Die Absorption steigt oberhalb der Bandkante bei Wellenlängen $\lambda \approx 1{,}1$ µm (nahes Infrarot) stark an. Bei Wellenlängen $\lambda \approx 0{,}4$ µm (Blau) beträgt der Absorptionskoeffizient schon $a \approx 10^5 \cdot \mathrm{cm}^{-1}$.

Wegen der unterschiedlichen Absorptionskoeffizienten für langwelliges Licht (Infrarot) und kurzwelliges Licht (UV) ergeben sich unterschiedliche Eindringtiefen für Photonen. Das ist in *Bild 2* an einer pn-Diode dargestellt. Langwelliges Licht kann sehr tief eindringen, kurzwelliges Licht wird schon in der Nähe der Oberfläche absorbiert.

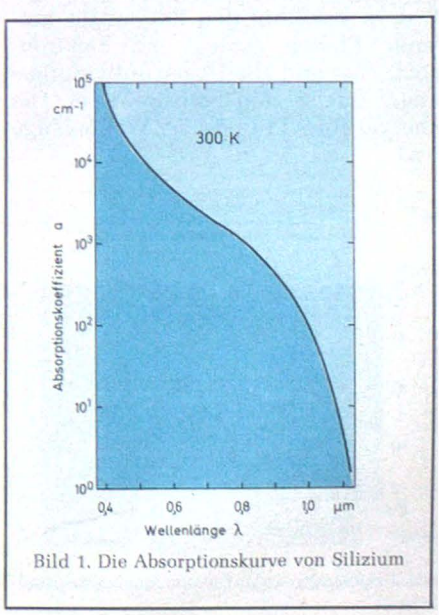


Bild 1. Die Absorptionskurve von Silizium

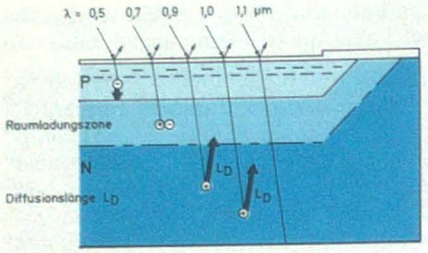


Bild 2. Eindringtiefe von Licht verschiedener Wellenlänge in Silizium (schematische Darstellung)

Entsprechend ist bei einem Bauelement für den interessierenden Spektralbereich ein Material mit genügender Dikke, aber auch mit genügend großer Diffusionslänge L_D bzw. Lebensdauer der Ladungsträger zu wählen, damit die erzeugten Ladungsträger z. B. in die Raumladungszone diffundieren können.

Eine weitere technologische Maßnahme, die die Spektralempfindlichkeit eines Empfängers beeinflußt, ist das Aufbringen entspiegelnder Schichten (beispielsweise SiO_2) auf der Lichteinfallsseite. Die Reflexion von Licht einer bestimmten Wellenlänge wird gerade dann minimal, wenn die Dicke der aufgebrachten Schicht $\lambda/4$ oder ein ungeradzahliges Vielfaches davon beträgt.

Das Maß für die Empfindlichkeit für Strahlung einer bestimmten Wellenlänge ist die spektrale Empfindlichkeit S_λ. Sie ist das Verhältnis von Fotostrom I_Φ zur auf den Empfänger treffenden Strahlungsleistung P bei der Wellenlänge λ. Die Einheit für S_λ ist A/W. Die maximal erreichbare Empfindlichkeit ergibt sich bei der Quantenausbeute $\eta = 1$, d. h. jedes auf den Empfänger treffende Photon erzeugt ein Elektron-Loch-Paar und alle Überschußladungsträger tragen zum Fotostrom bei. Die Energie eines Photons der Wellenlänge λ ist

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

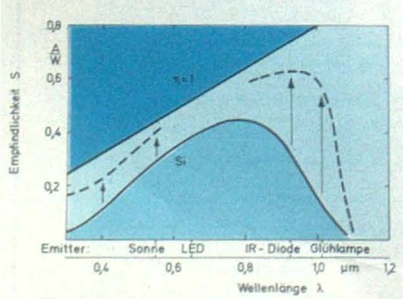


Bild 3. Spektraler Verlauf der maximalen Empfindlichkeit

Daraus ergibt sich für die maximal erreichbare Empfindlichkeit

$$S_{\lambda\,max} = \frac{q}{h \cdot c} \cdot \lambda = \frac{\lambda}{1{,}24\ \mu m} \text{ in A/W.}$$

Hierin sind q ≙ Elementarladung = $1{,}602 \cdot 10^{-19}$ As. h ≙ Plancksches Wirkungsquantum = $6{,}63 \cdot 10^{-34}$ Js und c ≙ Vakuumlichtgeschwindigkeit = $2{,}998 \cdot 10^8\ ms^{-1}$.

Der spektrale Verlauf der maximalen Empfindlichkeit ist in *Bild 3* durch die Gerade $\eta = 1$ dargestellt. Bei $\lambda = 0{,}55$ µm (Maximum der Augenempfindlichkeit) ergibt sich z. B.

$$S_{0,55\ \mu m\ max} = 0{,}444\ \frac{A}{W}.$$

Die durchgezogene und die gestrichelte Kurve in Bild 3 zeigen, in welchem Bereich S_λ bei realen Si-Detektoren (ohne Verstärkung) je nach Materialauswahl, Technologie und Absorptionsvermögen des Siliziums zu erwarten ist.

Technologie optoelektronischer Detektoren

Die heute wichtigsten Funktionstypen optoelektronischer Empfänger beruhen auf dem inneren Fotoeffekt. Es sind dies Fotodioden (einschließlich Foto-pin-Dioden und Fotoavalanchedioden) und Fototransistoren. Ihre Wirkungsweisen sind im folgenden erläutert.

Fotodioden

Bringt man einen n-leitenden (Elektronenleitung) und einen p-leitenden (Löcherleitung) Halbleiter miteinander in Verbindung, so bildet sich zwischen den beiden Gebieten eine Raumladungszone, da bewegliche Ladungsträger unter Zurücklassung von Störstellenrümpfen jeweils in das Gebiet entgegengesetzter Leitfähigkeit diffundieren. Das aus dieser Raumladungszone resultierende elektrische Feld behindert dann eine weitere Diffussion, so daß sich ein Gleichgewicht einstellt. Das Energiebänderschema für einen solchen pn-Übergang zeigt *Bild 4*. x_p und x_n sind die Grenzen der Raumladungszone im p-Gebiet und im n-Gebiet, V_D ist die Diffusionsspannung, die aufgrund der Ladungsträgerdiffusion entstanden ist.

Das elektrische Verhalten eines solchen pn-Übergangs wird durch die Gleichung

$$I = I_O \cdot (e^{\frac{U}{U_T}} - 1)$$

beschrieben, wobei I_O der Reststrom ist,

$$U_T = \frac{kT}{q}$$ die Temperaturspannung

(k = Boltzmann-Konstante, T = absolute Temperatur, q = Elementarladung), I ist der Strom durch die pn-Verbindung, U die angelegte Spannung.

Bestrahlt man eine solche Diode mit Licht, das von dem verwendeten Material absorbiert wird und gelangen die dabei entstehenden Ladungsträger in die Raumladungszone, so überlagert sich der Fotostrom I_Φ nach folgender Gleichung dem Diodenstrom ohne Beleuchtung:

$$I = I_O \cdot (e^{\frac{U}{U_T}} - 1) - I_\Phi$$

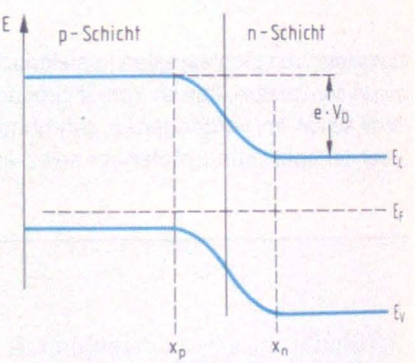


Bild 4. Leitungsband E_L, Valenzband E_V und Fermi-Niveau E_F bei einem pn-Übergang ohne äußere Spannung

Das Kennlinienfeld einer pn-Diode bei verschiedenen Beleuchtungsstärken ist in *Bild 5* dargestellt.

Betriebsarten von Fotodioden

Betreibt man eine Fotodiode im dritten Quadranten, so spricht man vom Fotodiodenbetrieb. Hier ist der Fotostrom praktisch unabhängig von der angelegten Spannnung (Sperrspannung) und direkt proportional der eingestrahlten Lichtmenge.

Im vierten Quadranten handelt es sich um den Fotoelementbereich. Hier werden bei Lichteinstrahlung sowohl ein Fotostrom als auch eine Fotospannung erzeugt.

Durch die äußere Beschaltung einer Fotodiode ergeben sich zwei wichtige Betriebszustände:

a) Leerlaufbetrieb: Hierfür gilt folgende Gleichung:

$$U_L = U_T \cdot \ln \left(\frac{I_\Phi}{I_O} + 1 \right)$$

d. h. der Zusammenhang zwischen der an den Klemmen auftretenden Leerlaufspannung U_L und der Belichtungsstärke ist logarithmisch.

b) Kurzschlußbetrieb: Der Fotostrom im Kurzschlußbetrieb beträgt nach der obigen Diodengleichung $I_K = -I_\Phi$. Der Kurzschlußstrom und auch der Fotostrom bei angelegter Sperrspannung sind proportional der Beleuchtungsstärke bis zu Beleuchtungsstärken von mehr als 10^5 lx.

Aufbau von Fotodioden

Hauptsächlich werden Fotodioden heute im nahen Infrarotbereich angewendet (z. B. bei Infrarotübertragung, Fernsteuerung). Bei Silizium ist die

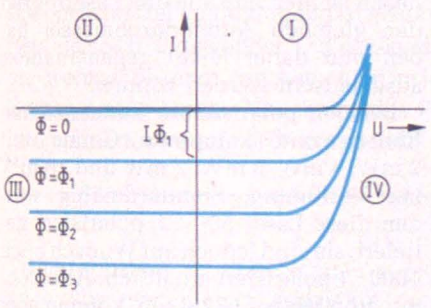


Bild 5. Strom-Spannungs-Charakteristik einer beleuchteten pm-Verbindung; Φ = Beleuchtungsstärke

Eindringtiefe des Lichtes in diesem Bereich groß. Bei $\lambda \approx 950$ nm beträgt sie etwa 50 µm. Wie bereits erwähnt wurde, empfiehlt sich in diesem Fall die Verwendung eines Halbleitermaterials mit großer Diffusionslänge der Ladungsträger, um eine hohe Empfindlichkeit zu erreichen. Ein solches Material ist sehr schwach n-leitend oder p-leitend, es wird auch als i-Material bezeichnet (i von intrinsisch, eigenleitend), der spezifische Widerstand beträgt beispielsweise 1000 Ωcm. Den Aufbau einer Foto-pin-Diode zeigt *Bild 6*. Die hochdotierten p- und n-Gebiete werden nach den bekannten Verfahren in das i-Gebiet eindiffundiert oder implantiert. Auch hier wird für einen bestimmten Spektralbereich durch Aufbringen entspiegelnder Schichten eine Erhöhung der Empfindlichkeit erreicht.

Wegen der Hochohmigkeit des i-Gebietes dehnt sich die Raumladungszone schon bei kleinen angelegten Spannungen sehr weit in den Kristall aus; dadurch erhält man eine kleine Sperrschichtkapazität. Wenn die Raumladungszone über das gesamte Kristallvolumen ausgedehnt wird, werden die dort erzeugten Ladungsträger sofort vom elektrischen Feld erfaßt. Ein durch einen Lichtimpuls erzeugter Fotostromimpuls hat aus diesen Gründen sehr geringe Anstiegszeiten (entsprechend der Fläche der Diode und der Beschaltung im Bereich Pico- bis Nanosekunden).

Fototransistoren

Ein Fototransistor besteht wie ein üblicher Transistor aus zwei hintereinander angeordneten pn-Übergängen, der Kollektor-Basis-Diode und der Emitter-Basis-Diode. Bei einem üblichen Verstärkertransistor wird die Injektion von Ladungsträgern vom Emitter in die Basis durch Anlegen einer Flußspannung an die Emitter-Basis-Diode bewirkt.

Bei einem Fototransistor wird die gleiche Polung durch die Absorption von Licht und die damit verbundene Generation von Elektron-Loch-Paaren erzeugt. Aufgrund des vorliegenden Potentialverlaufes driften beispielsweise bei einem npn-Transistor die Elektronen aus der Basis in die Emitter- und Kollektorgebiete; die im Emitter und Kollektor erzeugten Löcher sammeln sich in der Basis an. Insgesamt wird die Basis geladen und die Emitter-Basis-Diode in Flußrichtung gepolt. Der weitere Mechanismus (Diffusion der injizierten Ladungsträger durch die Basis, Absaugung durch eine in Sperrrichtung angelegte Kollektor-Basis-Spannung) erfolgt wie vom Transistor bekannt. Der bei äußerer Beschaltung gemessene Kollektorstrom I_C bei Emitterschaltung ist $I_C = B \cdot (I_{CEO} + I_\Phi)$. B ist die Stromverstärkung des Transistors, I_{CEO} der Reststrom bei offener Basis.

Da bei einem Transistor die Abmessungen, Dotierungsverhältnisse, Schichtdicken etc. von Emitter und Basis durch Bauelementeparameter wie z. B. Verstärkung oder Sättigungsspannungen praktisch festgelegt sind, bestimmt im wesentlichen die Dimensionierung des Kollektorgebietes die Empfindlichkeit eines Fototransistors bzw. die Höhe des Fotostroms I_Φ in obiger Gleichung. Auch hier gelten die gleichen Betrachtungen in bezug auf Eindringtiefe des Lichtes, Diffusionslängen, Antireflexschichten etc. wie bei Fotodioden.

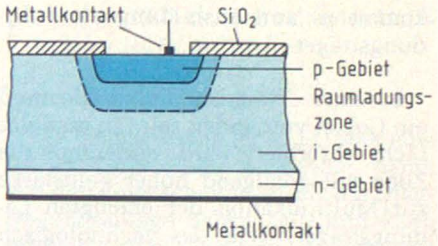


Bild 6. Aufbau einer Foto-pin-Diode

Zu dem Gebiet der Fototransistoren gehört auch der Fotodarlingtontransistor. Er soll hier nicht weiter besprochen werden, da ihm ein Fototransistor mit entsprechend nachgeschaltetem zweiten Transistor im gleichen Halbleiterchip zugrunde liegt, so daß sich ein höherer Ausgangsstrom ergibt.

Fototransistoren werden in Verbindung mit GaAs-Leuchtdioden vorwiegend in Lichtschranken, Lochstreifenlesern und zunehmend in Optokopplern eingesetzt.

Avalanche-Fotodioden

Avalanche-Fotodioden, auch Lawinen-Fotodioden genannt, sind Bauelemente, in denen – wie auch beim Fototransistor – neben der Umwandlung eines Lichtsignals in ein elektrisches Signal auch eine Verstärkung stattfindet. Der Effekt, der dieser Verstärkung zugrunde liegt, ist die Ladungsträgermultiplikation in einem Gebiet hoher elektrischer Feldstärke in einem Halbleiterkristall.

Durch die hohe Feldstärke können Ladungsträger eine genügend hohe Energie bekommen, um weitere Ladungsträger aus ihrer Bindung an ein Atom zu befreien. Auch diese neu erzeugten Ladungsträger werden im elektrischen Feld beschleunigt und können den gleichen Vorgang auslösen. So

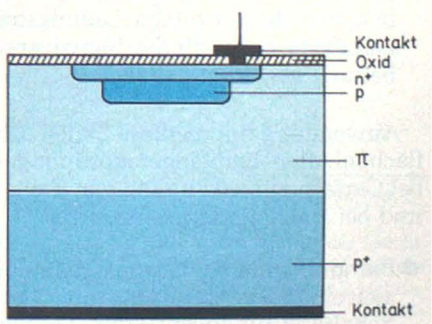


Bild 7. Aufbau einer Avalanche-Fotodiode

kommt es zur Ausbildung einer Ladungsträger-„Lawine".

In einer Avalanche-Fotodiode muß ein Gebiet vorhanden sein, in dem das Licht absorbiert wird, außerdem die Zone mit genügend hoher Feldstärke zur Multiplikation der erzeugten Ladungsträger. Wie das technologisch realisiert wird, zeigt *Bild 7*.

Die Absorption des Lichtes findet hauptsächlich in der π-Schicht statt (niedrig dotierte p-Schicht). Das p-Gebiet ist die Multiplikationszone, deren Schichtdicke und Ladungsträgerkonzentration so dimensioniert sind, daß hier die höchste Feldstärke auftritt, wenn an die Diode eine Sperrspannung angelegt wird. Auch in der π-Zone gibt es ein elektrisches Feld, das die Ladungsträger in die p-Zone absaugt. Avalanche-Fotodioden werden einige Volt unter der Durchbruchspannung betrieben, die Verstärkung läßt sich durch die Höhe der Spannung einstellen. Die Anstiegszeiten des Stromes nach einem Lichtimpuls sind je nach Ausführungstyp sehr klein, meist unter 1 ns. Die Hauptanwendungsgebiete sind die Entfernungsmeßtechnik und die Nachrichtenübertragung über Glasfasern.

Integrierte optoelektronische Empfänger

Die integrierten Empfänger basieren auf den gleichen Grundlagen wie die oben besprochenen wichtigsten Funktionstypen, deshalb werden sie hier nur kurz erwähnt. Man kann zwei Gruppen unterscheiden:

- Lineare und flächenhafte Anordnungen; hier handelt es sich meist um „Charge Coupled Devices", bei denen bis zu einige Tausend Fotodioden so hintereinandergeschaltet sind, daß die in ihnen erzeugten Ladungsträger getaktet von einem Element zum anderen bis zum Ende einer Zeile verschoben werden können, wo die einzelnen Ladungsträgerpakete zur weiteren Signalverarbeitung abgefragt werden.

Anwendung finden diese Zeilen und flächenhaften Empfängeranordnungen bei Geräten zur Erkennung von Texten und bei Halbleiterfernsehkameras.

- Bei der anderen Gruppe befinden sich ein Detektor und eine integrierte Schaltung auf einem Halbleiterchip, beispielsweise eine Fotodiode mit Verstärkern, Ansteuergliedern oder Logikelementen.

Beispiele für schon realisierte „Opto-ICs" sind monolithisch integrierte Foto-Schwellwertschalter und Lichtimpulsverstärker. Der Vorteil solcher Bauelemente ist, daß nur ein geringer Aufwand an Peripherieelektronik benötigt wird.

Literatur

Bauelemente der Halbleiter-Optoelektronik, Band 16. Technische Akademie Esslingen.

Stichworte zum Inhalt

Spektralbereich, Fotodioden, Fototransistoren, Avalanche-Fotodioden, Fermi-Niveau, Leitungsband, Valenzband.

Helium-Neon-Laser mit vielfältiger Einsatzmöglichkeit

Helium-Neon-(HeNe-)Laser, seit langer Zeit in der Forschung bewährt, werden in zunehmendem Maße sowohl in der Industrie als auch vom Hobby-Elektroniker eingesetzt. Begünstigt wurde diese Entwicklung durch neue Fertigungsmethoden und den daraus resultierenden günstigeren Preisen.

Die von CW Radiation GmbH, München, vertriebenen HeNe-Plasma-Röhren sind „Kovar sealed", d. h. die metallene Spiegelhalterung ist direkt in das Glas der Röhre eingeschmolzen. Das Ergebnis ist eine Röhre kurzer Bauform, klein im Durchmesser, mit einem günstigen Leistung/Preis-Verhältnis und daher auch oder gerade für den Hobby-Elektroniker interessant. Einige der zahllosen Anwendungen: optische Untersuchungen, Holografie, Vervielfältigungsgeräte, Mikrofotografie, Datenübertragungsgeräte, Richt- und Nivelliergeräte, Lichtschranken und vieles andere. Auch für das Titelbild dieses Heftes dienten zwei HeNe-Laser der Firma CW Radiation GmbH als Lichtquellen.

Zum Lieferprogramm gehören neben den Lasern mit integriertem Netzteil auch Laser mit separatem Netzteil (*Bild*), Laserköpfe, Netzteile sowie HeNe-Plasma-Röhren. Die Laser für reine Positionier-, Richt- oder Beleuchtungszwecke sind unpolarisiert und mit Ausgangsleistungen von 0,5 mW, 1 mW und 2 mW lieferbar. Hervorzuheben ist hier, daß alle drei Laserröhren den gleichen Außendurchmesser haben und daher leicht gegeneinander ausgetauscht werden können.

Bei den polarisierten Lasern stehen Röhren und komplette Geräte mit 2 mW, 4 mW, 5 mW, 7 mW und 16 mW zur Verfügung. Standardmäßig werden diese Laser 500 : 1 polarisiert geliefert, sie sind jedoch auf Wunsch auch 1000 : 1 polarisiert erhältlich. Alle Röhren arbeiten bei 632,8 nm, können aber auch für die Linien bei 1,15 µm und bei 3,39 µm hergestellt werden. Auch die Füllung der Röhren mit Ne 22 statt Ne 20 ist möglich, und eine zusätzliche konzentrische und parallele Ausrichtung der Röhren in den Laserköpfen ermöglicht einen Austausch der Köpfe ohne Justierarbeiten.

Ein Laser der LSR-Serie von CW Radiation; der Laserkopf ist abgesetzt und wird über ein Hochspannungskabel aus dem Netzteil mit Energie versorgt

Gerhard Wiegleb

Grundlagen der optischen Datenübertragung

Die optische Datenübertragung ist schon seit längerer Zeit im Gespräch und wird bereits vielseitig angewendet. Die notwendigen physikalischen Grundlagen sind hingegen weniger bekannt. Der Autor führt im folgenden den Leser in die Materie ein; dieser Beitrag errang bei der Verleihung des FUNKSCHAU-Preises 1979 in der Abteilung „Kompliziertes verständlich dargestellt" den zweiten Preis.

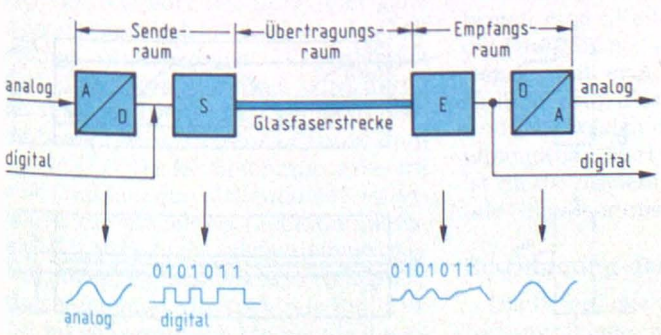
Die optische Datenübertragung ist noch ein sehr junges Teilgebiet der Nachrichtentechnik. Hierbei wird nahezu monochromatisches Licht als Trägerfrequenz moduliert und übertragen. Im Gegensatz zur herkömmlichen elektrischen bzw. elektromagnetischen Übertragung von Signalen ist die optische Datenübertragung praktisch nur leitungsgebunden über Glas- oder Kunststoffasern möglich. Eine Möglichkeit der Abstrahlung durch die Atmosphäre ist prinzipiell auch gegeben, jedoch ist dieses System durch äußere Einflüsse wie Nebel, Regen, Dunst usw. sehr störanfällig. Die Vorteile einer leitungsgebundenen, optischen Übertragungsanlage liegen in mehreren Eigenschaften begründet:

- Unempfindlichkeit gegenüber äußeren Einflüssen (elektromagnetische Felder, Temperaturschwankungen, kurschlußsicher, abhörsicher usw.);
- geringe Abmessungen gegenüber konventionellen Kupferleitungen;
- große Übertragungskapazität (> 30 Gbit/s);
- großes Bandbreiten-Entfernungsprodukt (> 1 GHz · km).

Eine Anlage zur optischen Informationsübertragung (*Bild 1*) gliedert sich in drei Teilbereiche: den Senderaum, den Übertragungsraum und den Empfangsraum.

Der Sender

Der Senderaum unterteilt sich wiederum in einen Codierer und den optischen Sender. Der Codierer ist allerdings nur dann notwendig, wenn die Signale digital übertragen werden sollen. Man verwendet hierfür einen Analog/Digital-Wandler, der die analogen Eingangsgrößen in digitale Impulse umformt, die aus einer Folge von 0- und 1-Zuständen bestehen und die die analoge Information hinreichend beschreiben. Als optischen Sender verwendet man Licht emittierende Dioden (im folgenden als LED bezeichnet) oder Halbleiterlaser (LD).



◄ Bild 1. Blockschaltung einer optischen Nachrichtenübertragungsstrecke; darunter sind die den entsprechenden Punkten der Strecke zugeordneten, stilisierten Signalformen dargestellt

Laser oder Leuchtdiode?

Die Frage, ob man eine LED oder eine LD als Lichtsender verwendet, hängt von den Eigenschaften ab, die die Übertragungsanlage haben soll, und kann deshalb nicht generell beantwortet werden. Allgemein läßt sich jedoch sagen, daß die Laserdiode für anspruchsvollere Anlagen und die Leuchtdiode für einfachere Anlagen verwendet wird.

Eine LED (*Bild 2a*) besteht aus mehreren übereinanderliegenden Halbleiterschichten (Sandwich-Struktur); in einer Schicht befindet sich die sogenannte aktive Zone, in der durch Elektronenübergänge Licht emittiert wird. Da dieses Licht durch spontane Übergänge entsteht, ist es inkohärent (kurze Wellenpakete) und weist eine große spektrale Breite (*Bild 2b*) auf, d. h. es entsteht Licht verschiedener Wellenlängen.

Die abgegebene Lichtleistung der LED ist proportional zum Modulationsstrom (*Bild 2c*) und hat derzeit einen Maximalwert von ca. 0,1 mW. Durch die Proportionalität zwischen Modulationsstrom und Lichtleistung ist die

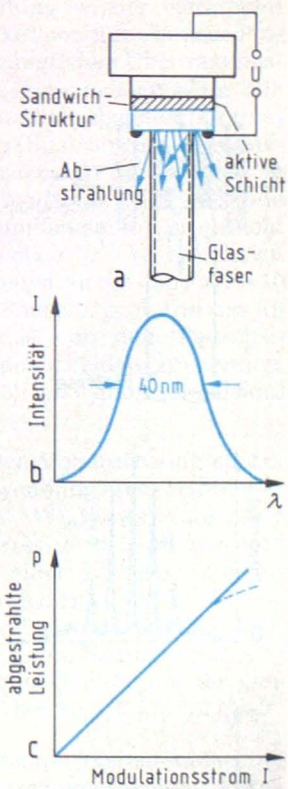
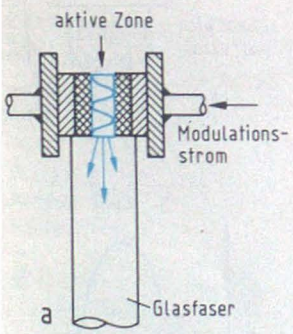


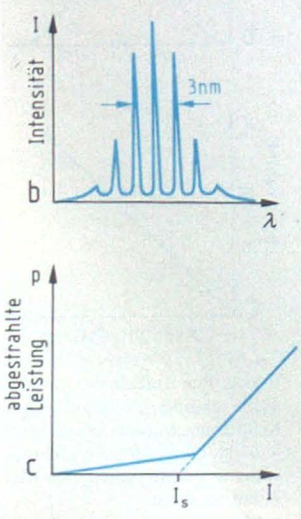
Bild 2. Der Aufbau der Leuchtdiode a) und die zugehörigen Kennlinien, b) spektrale Lichtintensität, c) abgegebene Lichtleistung in Abhängigkeit vom Modulationsstrom

LED auch für die analoge Datenübertragung verwendbar. LEDs können heute sehr preiswert hergestellt werden, bei einer langen Lebensdauer, jedoch haben sie gegenüber der LD einen entscheidenden Nachteil. Das emittierte Licht, das aus der aktiven Zone stammt, wird nicht nur in Richtung der angekoppelten Faser ausgesandt, sondern vielmehr in alle Richtungen.

Die LD (*Bild 3a*) besteht wie die LED aus mehreren Halbleiterschichten (GaAs; GaAlAs) und erzeugt ihr Licht durch sogenannte stimulierte Emission, d. h. daß zwischen den einzelnen Elektronenübergängen eine konstante Phasenbeziehung besteht. Das emittierte Licht wird dadurch kohärent (sehr lange Wellenzüge) und hat eine geringe spektrale Breite (*Bild 3b*). Diese Eigenschaft hat einen großen Einfluß auf die Materialdispersion, die bei der Ausbreitung in der Glasfaser auftritt.

Die Lichtabgabe eines Lasers setzt erst bei einem bestimmten Schwellstrom I_s (*Bild 3c*) ein. Sie ist deshalb nicht mehr proportional zum Modulationsstrom, was einen Einsatz für die analoge Übertragung ausschließt. Die Ausgangsleistung einer LD beträgt durchschnittlich 0,6 mW bei einer Wellenlänge von $\lambda \approx 820$ nm.





◄ Bild 3. Der Aufbau der Laserdiode (a) und die zugehörigen Kennlinien: b) spektrale Lichtintensität, c) abgegebene Lichtleistung in Abhängigkeit vom Modulationsstrom

Die Lichtleitfaser

Wie eingangs schon gesagt wurde, benötigt man zur annähernd störungsfreien Übertragung von Signalen eine Lichtleitfaser. Das Basismaterial einer Glasfaser ist Siliziumdioxid, das in vielen Mineralien (z.B. Sand) vorhanden ist. Durch die weltweite Kupferverknappung wird man deshalb in den nächsten Jahren zwangsläufig auf die Glasfaser zurückkommen müssen. Wenn man dann noch berücksichtigt, daß ohne weiteres mit einer Glasfaser von 50...100 µm Durchmesser 600 bis 700 Telefongespräche übertragen werden können, so scheidet das herkömmliche Kupferkabel fast konkurrenzlos aus.

Nun zurück zur Physik der Glasfaser. Man unterscheidet zwischen

- Stufenprofil-Faser,
- Gradienten-Faser,
- Monomode-Faser.

Die Stufenprofile (bzw. Kern-Mantel-)Faser (*Bild 4a*) besteht aus einem Kern mit dem Brechungsindex n_2 und einem Mantel mit dem Brechungsindex n_1.

Die Ausbreitung von Lichtstrahlen (Moden) in der Faser geschieht durch fortwährende Totalreflexion an den Grenzschichten n_2/n_1 bzw. Kern/Mantel. Eine Totalreflexion erfolgt aber nur bei Lichtstrahlen für die gilt:

$$\cos \varphi_2 \leqq \frac{n_1}{n_2} \qquad (1)$$

Daraus folgt weiterhin, daß nur Lichtstrahlen „weitertransportiert" werden, die im Bereich $\alpha \leqq 2 \cdot \varphi_1$ in die Faser eintreten.

Diese Bedingungen werden von Lichtstrahlen aus einer LD sehr gut und von einer LED weniger gut erfüllt, da die Abstrahlcharakteristika (s. Bild 2) bei der LD und der LED sehr unterschiedlich sind. Bei der Gradienten-Faser (*Bild 4b*) erfolgt die Lichtleitung ohne Totalreflexion. In diesem Fasertyp werden die Lichtstrahlen fortwährend zur Kernachse hin abgelenkt, so daß sie sich auf nahezu sinusförmigen Bahnen ausbreiten.

Der Brechungsindex des Kerns ist eine Funktion des Radius r:

$$n(r) = n_1 \cdot \left(1 - \Delta \frac{r^2}{a^2}\right) \qquad (2)$$

mit $n_1 \triangleq$ Brechungsindex des Mantels, $\Delta \triangleq$ normierte Brechzahldifferenz

$$= \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$ und $a \triangleq$ Gesamtradius.

Ein weiterer Fasertyp ist die Monomode-Faser (*Bild 4c*). Sie läßt, wie der Name schon sagt, nur einzelne Moden zu. Da der innere Kern dieser Faser nur 2...4 µm dick ist, werden praktisch nur axiale Lichtstrahlen durchgelassen. Von der Übertragungskapazität ist die Monomode-Faser den beiden anderen Fasertypen überlegen, trotzdem wird in der Praxis die Gradienten-Faser wegen ihrer einfacheren Herstellung und Handhabung bevorzugt.

Störeinflüsse auf die Lichtleitfaser

Dämpfung

Die Dämpfung der Eingangssignale erfolgt im wesentlichen durch Streuung und Absorption in der Faser. Die Streuung der Faser bezeichnet man auch als Rayleigh-Streuung, die proportional λ^{-4} ($\lambda \triangleq$ Wellenlänge des Lichts) ist. Außerdem treten auch noch an den Ein- und Ausgangskupplungen der Faser Dämpfungseffekte auf. Besteht eine Faser aus mehreren Teilstrecken, so müssen die einzelnen Teile aneinandergekoppelt werden, wodurch

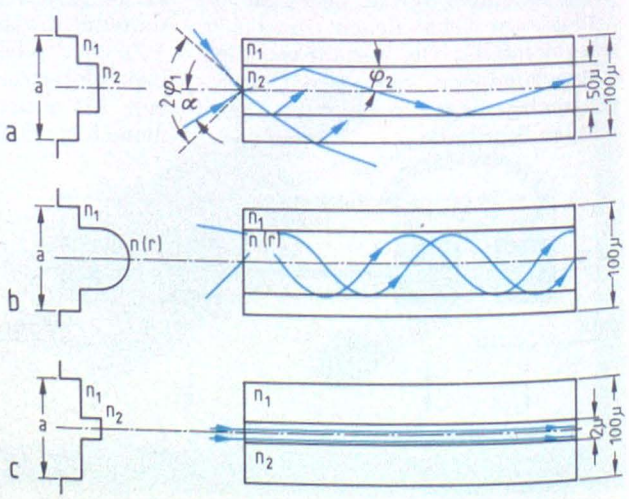


Bild 4. ► Der Strahlenverlauf in Lichtleitfasern: a) Stufenprofil-Faser (Multimode), b) Gradienten-Faser (Multimode), c) Monomode-Faser. Auf den Darstellungen links im Bild läßt sich der Verlauf des Brechungsindex über den Faserdurchmesser erkennen

zusätzliche Verluste auftreten. Allgemein definiert man die Dämpfung α als das logarithmische Verhältnis der Eingangs- und Ausgangsintensitäten.

$$\alpha = 10 \cdot \lg \left| \frac{I_e}{I_a} \right| \text{ in dB} \qquad (3)$$

Die Gesamtdämpfung der optischen Übertragungsanlage ergibt sich dann aus

$$\alpha_{ges} = \alpha_1 + l \cdot \alpha_2 + n \cdot \alpha_3 + \alpha_4 \qquad (4)$$

mit $\alpha_{ges} \triangleq$ Gesamtdämpfung, $\alpha_1 \triangleq$ Einkopplungsdämpfung (Sender), $l \triangleq$ Faserlänge, $\alpha_2 \triangleq$ Faserdämpfung, $n \triangleq$ Anzahl der Kupplungen, $\alpha_3 \triangleq$ Kupplungsdämpfung und $\alpha_4 \triangleq$ Ausgangskupplungsdämpfung (Empfänger).

Die besten Glasfasertypen, die heute hergestellt werden, haben eine Dämpfung von $\alpha < 1$ dB/km. Das heißt, anschaulich betrachtet, daß nach 1 km Faserlänge noch 80 % der Ausgangsleistung vorhanden sind. Hätte das Meerwasser eine solche Transparenz, so könnte man bis auf den Grund der tiefsten Ozeane schauen. Die Dämpfung einer Glasfaser ist weiterhin von der Wellenlänge λ des verwendeten Lichtes abhängig, es besteht also der funktionelle Zusammenhang $\alpha_2 = \alpha_2(\lambda)$. Die Dämpfung als Funktion der Wellenlänge λ sinkt mit größer werdender Wellenlänge und zeigt bei einigen Werten sogenannte Fenster, bei denen die Dämpfung besonders gering ist (z.B. befindet sich ein Fenster bei $\lambda = 820$ nm, das nächste bei $\lambda = 1040$ nm). Aus diesem Grunde versucht man natürlich, die Lichtsender bzw. Empfänger so zu konstruieren, daß sie in diesen Bereichen ein Absorptions- bzw. Emissionsmaximum haben.

Dispersion

Die Dispersion einer Glasfaser setzt sich aus zwei Komponenten zusammen:

- Materialdispersion,
- Laufzeitdispersion.

Die Materialdispersion kommt dadurch zustande, daß das emittierte Licht der LD oder der LED nicht ganz monochromatisch ist, sondern eine Mischung verschiedener Wellenlängen darstellt; dieses Verhalten wird durch die spektrale Breite ($\Delta\lambda$) charakterisiert. Sie beträgt 40 nm für eine LED und 2 nm für eine LD. Da der Brechungsindex (n) eine Funktion der Wellenlänge λ ist, erfahren die einzelnen Lichtkomponenten (Lichtquanten) verschiedene Ablenkungen, die man als Materialdispersion bezeichnet. Die spektrale Breite einer LD ist wesentlich kleiner als die einer LED, deshalb treten bei der LD kaum Verzerrungen (Laufzeitdifferenzen Δt) durch die Materialdispersion auf.

Da die Faser Lichtstrahlen aus verschiedenen Winkeln im Bereich $\alpha \leqq 2 \cdot \varphi_1$ aufnimmt, tritt noch eine Laufzeitdifferenz (Δt) auf, die man als Laufzeitdispersion bezeichnet. Für eine Stufenprofil-Faser beträgt diese Differenz:

$$\Delta t = \frac{l}{c} \cdot n_2 \cdot \Delta \qquad (5)$$

Für eine Gradienten-Faser gilt:

$$\Delta t = \frac{l}{c} \cdot n_2 \cdot \frac{\Delta^2}{2} \qquad (6)$$

Daraus folgt, daß Δt proportional mit der Faserlänge l steigt. Da die Übertragungskapazität von Δt abhängt, wird diese auch von der Faserlänge l beeinflußt. Die Laufzeitdifferenzen sind bei der Gradienten-Faser geringer als bei der Stufenprofil-Faser, was zur Folge hat, daß die Gradienten-Faser in der Praxis häufiger eingesetzt wird.

Der Empfänger

Die Dämpfung handelsüblicher Lichtleiterkabel liegt bei $\alpha \geqq 4$ dB/km. Will man große Distanzen ($l > 10$ km) mit der Faseroptik verbinden, ohne einen Zwischenverstärker zu verwenden, so muß der Empfänger sehr kleine Signale registrieren können. Er muß außerdem für eine dem ausgesandten Licht entsprechenden Wellenlänge ein Empfindlichkeitsmaximum haben. In der Praxis werden deshalb sogenannte PIN-Dioden und Lawinen- oder Avalanche-Dioden benutzt. Die PIN-Dioden bestehen aus einem P- und einem N-leitenden Halbleiter (Silizium), die durch ein ausgedehntes, hochohmiges, undotiertes Gebiet voneinander getrennt sind (*Bild 5*). Durch Lichteinfluß kann dann ein elektrischer Strom fließen, der proportional zur Lichtintensität ist. Diese PIN-Dioden sind robust und sehr preiswert, jedoch nicht so empfindlich wie Lawinendioden.

Die Lawinendiode ist ebenfalls eine Halbleiterdiode, bei der die durch Lichtabsorption freiwerdenden Elektronen eine „Kettenraktion" auslösen, die eine ganze „Lawine" von Ladungsträgern mit sich bringt. Aus diesem Grunde sind diese Dioden sehr empfindlich. Da sich der Fotostrom der Lawinendiode stark nichtlinear verhält, ist dieser Diodentyp nur für eine digitale Signalverarbeitung geeignet.

Bestimmung der Faserlänge

Die Faserlänge einer optischen Übertragungsanlage wird durch verschiedene physikalische Faktoren erheblich beeinflußt:

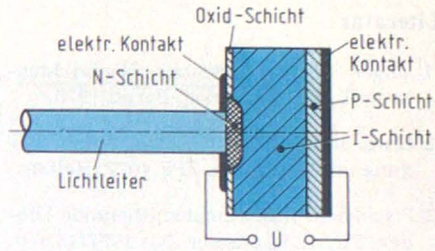


Bild 5. Der Aufbau einer PIN-Diode

- Leistung des Senders,
- Dämpfung des Kabels,
- Empfindlichkeit des Empfängers,
- Anzahl der Informationseinheiten pro Zeit (bit/s).

Den stärksten Einfluß auf die Dimensionierung der Faserlänge hat dabei die Dämpfung des Kabels. Reduziert man diese um die Hälfte, so kann man die Länge verdoppeln. Verdoppelt man hingegen die Leistung des Senders oder die Empfindlichkeit des Empfängers, so kann man die Leitungslänge nur so weit vergrößern, bis sich die Dämpfung am Ende der Leitung wieder verdoppelt hat; dadurch können nur ein paar Prozent der ursprünglichen Übertragungsstrecke hinzugewonnen werden. Die Anzahl der zu übertragenden Informationseinheiten (Bits) verursacht zusätzlich ein Rauschen, das proportional zu der Datenrate ist. Wenn eine PIN-Diode z.B. 10^8 bit/s empfangen soll, so erreicht das Rauschen etwa 10^{-9} W. Eine Lawinendiode hat etwa ein um den Faktor 10 schwächeres Rauschsignal. Um das Informationssignal von dem Rauschsignal noch unterscheiden zu können, muß dieses 100mal stärker sein als das Rauschen.

Unter idealen Voraussetzungen, das heißt bei Verwendung eines Halbleiterlasers ($P > 10^{-3}$ W), Verwendung einer Gradienten-Faser ($\alpha < 2$ dB/km) und Verwendung einer Lawinendiode als Empfänger kann man 10^6 bit/s über eine Strecke von $l = 70$ km störungsfrei übertragen. Unter realen Bedingungen ($\alpha \approx 5$ dB/km) ist eine Übertragung der gleichen Bitrate über 10...15 km möglich.

Die Einsatzmöglichkeiten solcher optischer Übertragungsanlagen liegen überall dort, wo sehr viele Daten möglichst störungsfrei übertragen werden sollen. Die Frage nach der Wirtschaftlichkeit solcher Systeme wird sich in Zukunft positiver beantworten lassen, als es derzeit der Fall ist.

Literatur

[1] *Unger, H. G.*: Optische Nachrichtentechnik, Eliteria Verlag, Berlin 1976.

[2] *Groß, R.*: Optische Nachrichtenübertragung mit Glasfasern. ZPF 1977, Heft 9.

[3] *Fischbach, I. U.*: Lichtemittierende Dioden. Physik in unserer Zeit 1977/13.

[4] *Grote, N.*: Halbleiter-Injektionslaser. Physik in unserer Zeit 1977/4.

[5] *Boyle W. S.*: Optische Nachrichtensysteme. Spektrum der Wissenschaft (Scientific American), Erst-Edition.

[6] *Richard, H. G.*: Prinzipien der opt. Nachrichtenübertragung mit Glasleitfasern. Der Fernmelde-Ingenieur 1978, Heft 5.

[7] *Crawford jr., F. S.*: Schwingungen und Wellen. (Berkeley Physik-Kurs 3).

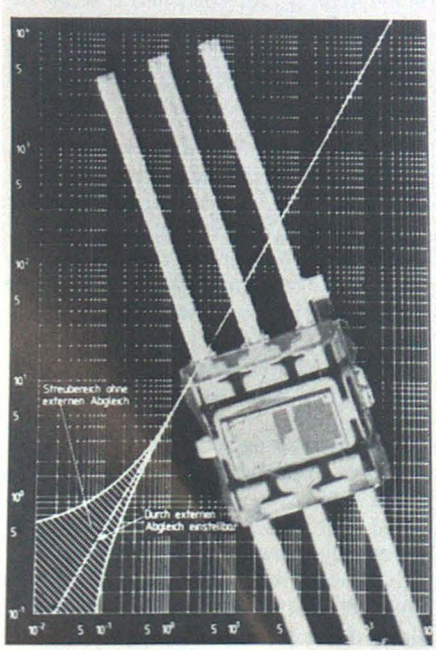
Stichworte zum Inhalt:

Glasfasern, Multimode-Faser, Stufenprofil-Faser, Gradienten-Faser, Monomode-Faser, Lichtsender, LD, LED, Laserdiode, PIN-Diode, Lawinendiode.

Fotosensor-Verstärker-Kombination

Die bipolare Schaltung TFA 1001 W von Siemens, bei der in einem transparenten Miniaturgehäuse mit sechs Anschlüssen eine Fotodiode und ein Verstärker integriert sind (*Bild*), arbeitet über einen weiten Bereich mit konstanter Empfindlichkeit von 5 µA/lx; zwischen 0,05 lx und 5000 lx steigt der Arbeitsstrom linear von 0,25 µA auf 25 mA (typische Werte). Die Ausgangssignale sind also der Beleuchtungsstärke direkt proportional, was viele Anwendungsmöglichkeiten, besonders zur Steuerung von Blende und Belichtung in Kameras, vereinfacht.

Der TFA 1001 W ist für 2,5...15 V Betriebsspannung ausgelegt. Aber auch 1,2...1,5 V reichen aus, wenn ein anderer Anschlußpin belegt wird. Mit zwei externen Widerständen können besonders kleine Beleuchtungsstärken bis herab zu 0,01 lx berücksichtigt werden.



◄ Die bipolare Schaltung TFA 1001 W, eine Kombination von Fotodiode und Verstärker, arbeitet über einen weiten Bereich mit konstanter Empfindlichkeit von 5 µA/lx

Zusammen mit dem Operationsverstärker TAB 1453 A als Komparator läßt sich ein Schwellenwertschalter aufbauen, wie er in Kameras zur Blendenumschaltung oder zur Anzeige der Beleuchtungsstärke benötigt wird. Die Schaltung ist von der Batteriespannung weitgehend unabhängig, weil der TFA 1001 W intern eine stabilisierte Speisespannung von 1,35 V aufweist, die auch dem Benutzer als Referenz zur Verfügung steht.

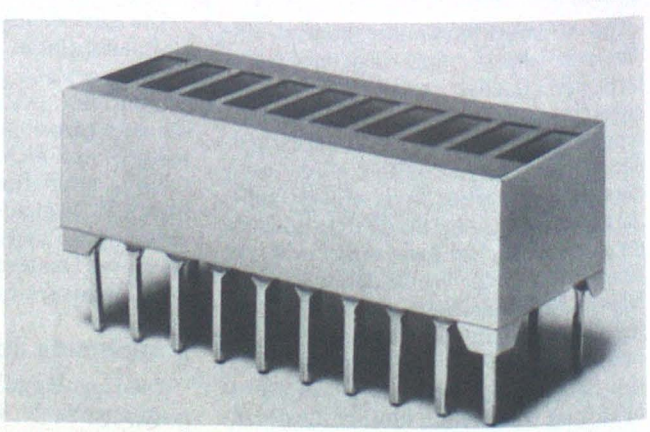
Ein weiteres Anwendungsbeispiel, ebenfalls mit je einem TFA 1001 W und einem TAB 1453 A, ist die Verschlußsteuerung von Kameras oder die Belichtungszeitsteuerung von Vergrößerungsgeräten. Ein Kondensator definiert dabei den Zusammenhang zwischen Zeit und Belichtungsstärke. Mit einem Potentiometer kann der Arbeitsbereich zu kleineren Belichtungsstärken ausgedehnt werden.

Mit zwei Operationsverstärkern sind Blenden- und Zeitsteuerung auch kombinierbar, wenn die Informationen für die Blendenumschaltung aus dem Gesamtstrom der Fotoschaltung entnommen werden. Für Laufbildkameras ergibt sich eine Blenden-Nachlaufsteuerung, wenn ein Operationsverstärker den vom Fotostrom erzeugten Spannungsabfall mit einer Referenzspannung vergleicht und die Differenzspannung den Motor für die Blendeneinstellung steuert.

Sogar für Elektronenblitzsteuerungen ist der TFA 1001 W verwendbar. Hierbei ist jedoch darauf zu achten, daß die Beleuchtungsstärke 5000 lx nicht überschreitet; sonst muß ein Graufilter vorgeschaltet werden. Um sehr kurze Zeiten steuern zu können, verwendet man einen zusätzlichen Kondensator. Schließlich gibt es ein Anwendungsbeispiel, das einen einfachen Licht/Frequenz-Wandler darstellt. Zur Zuordnung von Frequenz und Blendenstärke dient wiederum ein Kondensator. Der dynamische Bereich der Schaltung umfaßt vier bis fünf Dekaden.

LED-Skala im DIL-Gehäuse

Für Aussteuerungsanzeigen und andere Analog-Displays setzt man in letzter Zeit gerne LED-Ketten ein. Um dafür nicht Einzel-LEDs zu benötigen, bietet Monsanto – jetzt unter den Fittichen von General Instrument und im Vertrieb von A. Neye Enatechnik – einen LED-„Bar Graph" an. Dieses Bauelement (*Bild*) ist in einem 20-Pin-DIL-Gehäuse untergebracht und enthält 10 einzeln ansteuerbare LED-Segmente mit Abmessungen von je 5,08 mm x 1,78 mm. Die Helligkeit beträgt min. 510 µcd bei 10 mA Durchlaßstrom. Die Anzeigen lassen sich beliebig aneinanderreihen, so daß auch längere Displays erstellt werden können. Zur Ansteuerung eignen sich z. B. die Treiber-ICs LM 3914 von National Semiconductor. Derzeit sind die „Bar Graphs" nur in roter Farbe erhältlich; Ende 1980 sollen sie auch in grüner und gelber Farbe zur Verfügung stehen.



► Speziell für LED-Analogskalen: der „Bar Graph" von Monsanto

Dr. Horst Strunk

Solarzellen

Ein nennenswerter Teil des Weltenergiebedarfs soll in nicht allzu ferner Zukunft von Solarzellen gedeckt werden. Damit die Solarenergie jedoch gegenüber der aus fossilen Brennstoffen (Kohle und Erdöl) oder durch Kernspaltung gewonnenen Energie konkurrenzfähig wird, müssen die für Solarzellenanlagen heute noch bei ca. 50 DM pro Watt Spitzenleistung liegenden Kosten um etwa den Faktor 100 verringert werden. Dieses Ziel scheint durch den Einsatz neuentwickelter Technologien und automatisierte Massenproduktion erreichbar.

Die vom Menschen verbrauchte Energie kommt im Grunde von der Sonne. Auch die universell einsetzbare Energieform Elektrizität wird seit etwa 100 Jahren überwiegend durch die Verbrennung der fossilen Stoffe Kohle und Erdöl erzeugt, die eine wichtige Form gespeicherter Sonnenenergie darstellen. Mit Hilfe des Dynamoprinzips, das durch Werner von Siemens 1866 entdeckt wurde, wird ein Teil der bei der Verbrennung freigesetzten Wärmeenergie in elektrische Energie umgewandelt (Wärmekraftwerk).

Bereits Jahrzehnte vor Siemens entdeckte Becquerel 1839 den photovoltaischen Effekt, d.h. das Auftreten einer elektrischen Spannung an einer Substanz unter Belichtung. Doch erst in unserer Zeit wurde es möglich, mittels dieses Effektes Sonnenlichtenergie in größerem Umfang *direkt* in elektrische Energie umzuwandeln. Vorbedingung hierzu war die quantentheoretische Beschreibung des pn-Überganges durch Shockley (1949), die mit der Entdekkung des Transistor-Effektes einherging. Die Direktumwandlung hat herausfordernde Vorteile, denn die Energiequelle ist praktisch unerschöpflich, und eine Solaranlage ist ideal umweltfreundlich: Sie erzeugt keine Abgase oder andere Abfälle, und sie führt zu keiner Wärmebelastung der Umgebung, da nur die von der Sonne sowieso eingestrahlte Energie umgesetzt wird. Außerdem sind Solaranlagen wartungsarm, da sie praktisch keine beweglichen Teile enthalten.

Dem stehen aber zwei bedeutende Nachteile gegenüber: Die eingestrahlte Sonnenleistung ist relativ niedrig (max. $\approx 1\ kW/m^2$), was großflächige Anlagen erfordert, und die Kosten für installierte Solaranlagen sind heute noch hoch (ca. 50 DM pro abgegebenes Watt Spitzenleistung, davon entfällt etwa die Hälfte auf die Solarzellen selbst). Solche hohen Kosten machen die Verwendung von Solarzellen nur wirtschaftlich, wenn die Versorgung mit konventionell erzeugtem Strom zu teuer oder unmöglich ist, also in abgelegenen Gegenden und/oder bei geringen Leistungen. In der Satellitentechnik sind sie praktisch die einzige Energiequelle. Auf der Erde werden sie eingesetzt z.B. bei Relaissendern und ähnlichen Einrichtungen, auf Bergen, in sonstigen unzulänglichen Gebieten oder in unterentwickelten Ländern, z.B. für Pumpen an Trinkwasserbrunnen.

Lange Lebensdauer und niedriger Preis sind wichtig, wenn Solarzellen einen wesentlichen Beitrag zur Energieversorgung liefern sollen. Die Satelliten zeigen, daß Solarzellen lange zuverlässig arbeiten. Es sei hier nur an die Voyager-Sonden erinnert, deren Solarzellen noch bei den niedrigen Lichtintensitäten in der Nähe von Jupiter und Saturn ausreichend elektrische Energie erzeugen können. Die Kosten müssen jedoch um einen Faktor 100 auf etwa 0,50 DM/W gesenkt werden, um mit den Wärmekraftwerken konkurrieren zu können. Daß dieses Ziel mit neuen Technologien und automatisierter Massenproduktion nicht unerreichbar erscheint, zeigt ein Blick auf die Entwicklung des Solarzellenprogramms in den USA (*Bild 1*). *Bild 2* dokumentiert, daß zur Zeit die Schwelle zum technischen Einsatz überschritten wird.

Im folgenden werden wir die physikalischen Grundlagen des Halbleiterkristalles und der Solarzelle behandeln und darauf aufbauend erläutern, wie Solarzellen im Rahmen der heutigen Halbleitertechnologie optimiert werden. Anschließend sollen einige Entwicklungstendenzen aufgezeigt werden. Wie wir sehen werden, ist dieses Programm schon sehr umfangreich, so daß auf den Einfluß der Umgebung, in

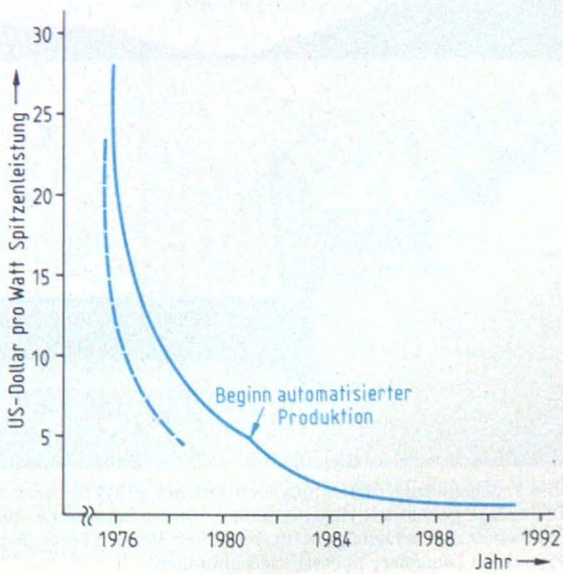


Bild 1. Programm der USA zur Entwicklung billiger Solarzellen. Die durchgezogene Linie ist die Kostenprojektion für Solarzellen pro Watt abgegebene Spitzenleistung. Technologiefortschritt und ansteigender Absatz eingerechnet. Gestrichelt dargestellt ist die Entwicklung der bei größeren Käufen gezahlten Preise. Diese sind der Projektion zur Zeit um etwa ein Jahr voraus

der Solarzellen betrieben werden, nicht eingegangen werden kann. Besonders bei der terrestrischen Anwendung treten erhebliche Probleme auf, z.B. durch die korrosive Wirkung von Wasser im Zusammenwirken mit Schadgasen oder UV-Strahlung, durch die starken Temperaturwechsel oder auch durch Sand, der, getrieben vom Wind, die Oberflächen der Solarzellen abschmirgelt und optisch blind macht. Auch Konstruktionsprobleme treten auf, da z.B. an den notwendigen Flächen große Windkräfte auftreten, die die Solarzellen belasten und zerbrechen können.

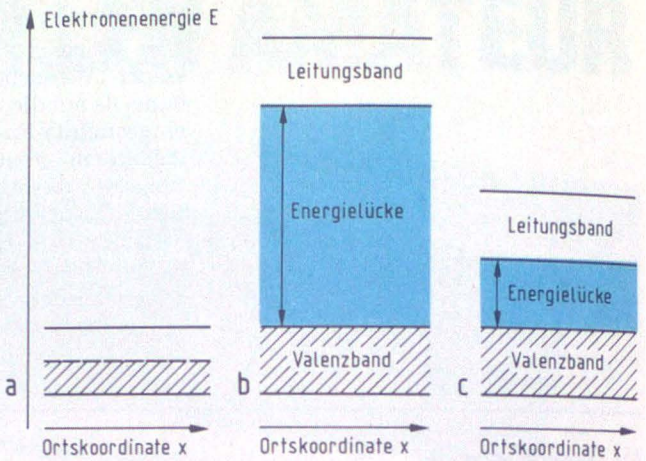


Bild 3. Klassifizierung von Stoffgruppen im Bändermodell. Nach oben ist die Energie der Elektronen (z. B. bezüglich der Atomkerne), in der Waagerechten eine Richtung im Kristall aufgetragen. Die für Elektronen erlaubten Energiebereiche sind durch waagerechte Energiebänder angedeutet. a) Metalle: Das oberste Band ist teilweise mit Elektronen besetzt; das ist die Vorbedingung für metallische Leitfähigkeit. b) Isolator: Im Valenzband sind sämtliche möglichen Energiezustände mit Elektronen besetzt. Ein gefülltes Band kann keinen elektrischen Strom tragen. Das Leitungsband ist durch eine große (> 5 eV) Energielücke (verbotener Energiebereich) vom Valenzband getrennt. Das Leitungsband enthält keine Elektronen. c) Halbleiter: Bandschema wie beim Isolator, jedoch mit kleiner Energielücke (Si ≈ 1,1 eV; GaAs ≈ 1,35 eV)

Halbleiterkristall und Bändermodell

Die grundlegenden elektronischen Eigenschaften eines Kristalles lassen sich sehr gut anhand des sogenannten Bändermodelles darstellen. Das Bändermodell folgt aus der Quantentheorie und beschreibt die Tatsache, daß Elektronen in einem Kristall nur Energiewerte innerhalb bestimmter Grenzen annehmen können; in jedem Energieband gibt es eine begrenzte, aber sehr große Anzahl von Energiezuständen, die jeweils nur von einem Elektron besetzt werden können. (Wir machen hier eine für unsere Zwecke zulässige Vereinfachung, da es verschiedene, sich anderweitig unterscheidende Zustände mit derselben Energie gibt.) Das Zustandekommen der Bänder kann plausibel gemacht werden, indem man zwei weit voneinander entfernte Schwingkreise mit derselben Resonanzfrequenz betrachtet. Werden diese Schwingkreise zusammengebracht, bis sich ihre Felder überlappen, dann beobachtet man, daß sich zwei verschiedene Resonanzfrequenzen ausbilden, die oberhalb und unterhalb der ursprünglichen Resonanzfrequenz liegen. Dieser Effekt wird z.B. bei Bandfiltern ausgenutzt.

Quantentheoretisch entspricht jeder elektromagnetischen Welle mit der Frequenz ν (einschließlich des Lichtes) eine Energie $h : \nu$ (h ist die Plancksche Konstante); die vorige Überlegung kann demnach auch auf die Energiezustände angewendet werden. Betrachten wir zwei Atome, z.B. Siliziumatome, in großem Abstand, dann haben die Elektronen in identischen Zuständen dieselbe Energie (bezüglich des von ihnen umkreisten Atomkernes). Nähern wir die Atome einander an, bis sich die Bahnen der äußersten Elektronen überlappen, dann findet man analog zum Schwingkreis zwei Zustände, die sich in der Energie ein wenig unterscheiden. Ein Kristall besteht aber aus 10^{23} Atomen und hat demzufolge entsprechend viele unterschiedliche Zustände pro Band.

In diesem Bändermodell können zwei Stoffgruppen einfach klassifiziert werden (*Bild 3*): Leiter (Metalle) und Nichtleiter (Isolatoren). Leiter haben ein *teilweise* mit Elektronen gefülltes Band (Bild 3*a*), welches die hohe Leitfähigkeit bedingt; Isolatoren haben ein *vollständig* gefülltes Band (Valenzband) mit einer großen Energielücke zum darüberliegenden leeren Leitungsband (Bild 3*b*).

Reine Halbleiterkristalle haben die Bandstruktur der Isolatoren, jedoch ist die Energielücke zwischen Valenzband und Leitungsband klein genug (Bild 3*c*), daß immer einige Elektronen aus den Wärmeschwingungen (Gitterschwingungen) des Kristalles genügend Energie aufnehmen können, um über die Energielücke ins Leitungsband zu gelangen (*Bild 4a*). Dort sind die Elektronen – wie die entstandenen Löcher im Valenzband auch – frei im Kristall beweglich. Bei Gelegenheit aber kehren die Elektronen wieder in das Valenzband zurück, indem sie mit einem Loch rekombinieren (das Loch repräsentiert ja einen freien Elektronenzustand im Valenzband). Bei Anlegen einer elektrischen Spannung geben diese thermisch erzeugten Ladungsträger Anlaß zu einem thermischen Strom. Dieser Strom ist relativ klein (daher die Bezeichnung Halbleiter); er steigt mit wachsender Temperatur stark (und zwar exponentiell) an, da bei höherer Temperatur mehr Elektronen aus dem

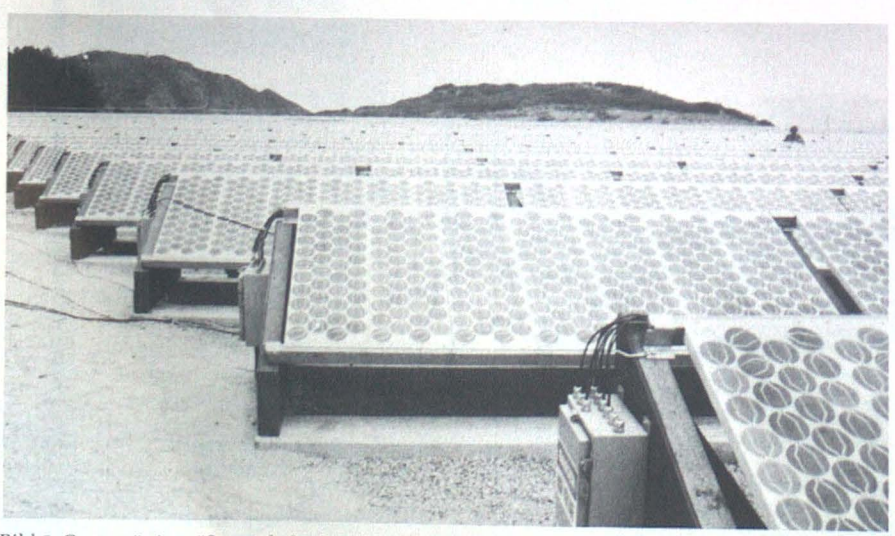


Bild 2. Gegenwärtig größtes Solarkraftwerk mit 60 kW Spitzenleistung bei San Diego, Kalifornien/USA. Die Anlage besteht aus vielen einzelnen runden Solarzellen, die zu „Batterien" zusammengefaßt sind (Aufnahme zur Verfügung gestellt von United State Air Force, dem US-Department of Energy und dem Jet Propulsion Laboratory in Pasadena/Kalifornien)

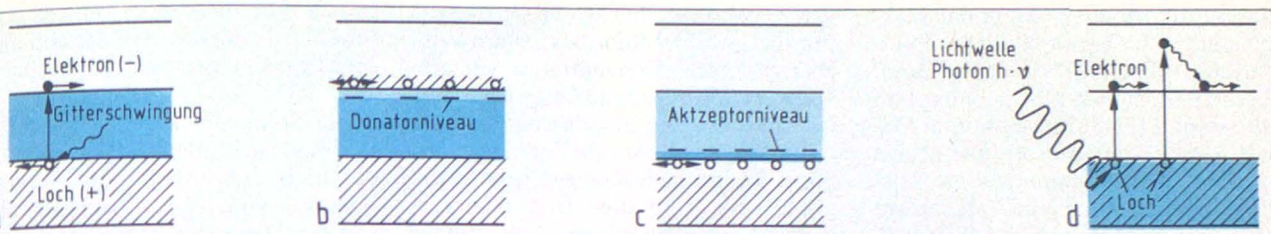


Bild 4. Ladungsträgererzeugung in Halbleitern. a) Thermische Anregung: Ein Elektron kann genügend Energie aus den Gitterschwingungen aufnehmen, um in einen Energiezustand im Leitungsband zu gelangen. Das Elektron kann sich im Leitungsband frei bewegen (durch Pfeil angedeutet). Der im Valenzband zurückbleibende unbesetzte Elektronenzustand verhält sich wie ein positiv geladener, frei im Kristall beweglicher Ladungsträger; er wird als Loch bezeichnet. b) Dotierung mit fünfwertigen Atomen (z. B. Phosphor): Jedes Atom gibt ein Elektron als frei beweglichen Ladungsträger in das Leitungsband (Donator). Entsprechend der geringen Bindungsenergie dieser Elektronen an die Donatoratome liegen die Donatorniveaus (gestrichelte Linie) knapp unter dem Leitungsband in der Energielücke. c) Dotierung mit dreiwertigen Atomen (z. B. Bor): Es werden Löcher im Valenzband erzeugt, da jedes Atom ein Elektron aus dem Valenzband aufnimmt (Akzeptor). Das Energieniveau (gestrichelte Linie) der Akzeptoren liegt knapp über dem Valenzband in der Energielücke. d) Erzeugung von Ladungsträgern durch Belichten: Ein Elektron des Valenzbandes geht unter Absorption der Energie des Photons in das Leitungsband über. Bei großer Photonenenergie wird das Elektron weit ins Leitungsband gehoben (also zu hohen Energien), nimmt jedoch rasch unter Energieabgabe einen Zustand an der unteren Leitungsbandkante ein.

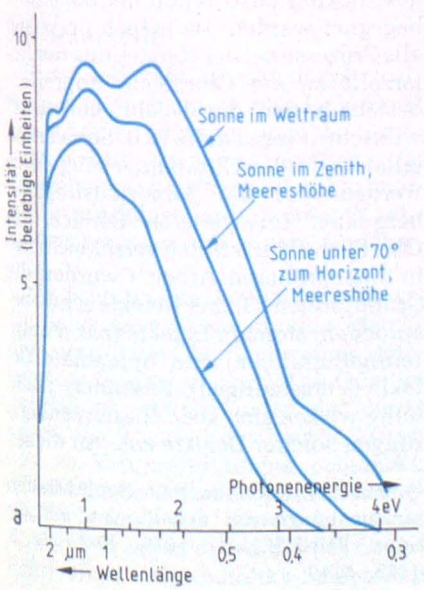
Valenzband in das Leitungsband gelangen können. Thermische Erzeugungs- und Rekombinationsprozesse führen zu einem Gleichgewicht von Elektronen und Löchern in je *gleicher* Konzentration. Das Produkt aus Elektronen- und Löcherkonzentration (bei gegebener Temperatur) ist eine für jeden Halbleiterkristall typische und nahezu konstante Größe, für Si etwa $(1{,}4 \cdot 10^{10}\ \mathrm{cm}^{-3})^2$ bei Raumtemperatur.

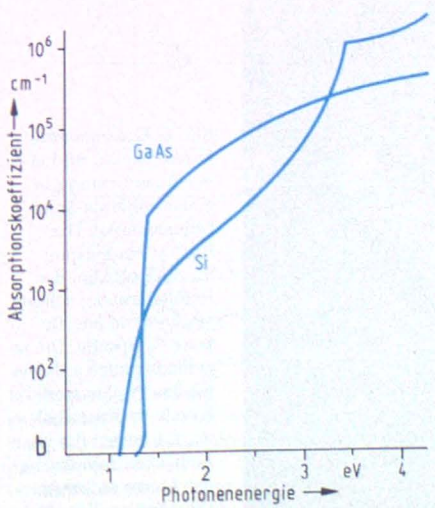
Mit der Dotierung, d.h. dem gezielten Ersetzen der Halbleiteratome durch Fremdatome, können weit höhere Ladungsträger-Konzentrationen in Halbleiterkristallen eingestellt werden. Wir betrachten z.B. ein Phosphor-Atom in einem Si-Kristall. Von seinen fünf äußeren Elektronen gibt das Phosphor-Atom vier Elektronen anstelle der vier Elektronen des ersetzten Si-Atoms in das Valenzband ab. Das überzählige fünfte Elektron hat dann eine so schwache Bindung zum Phosphor-Atom, daß es sich bei üblichen Temperaturen praktisch immer im Leitungsband aufhält (Bild 4b). Mit hohen Konzentrationen von Phosphor (oder anderen fünfwertigen Dotierstoffen) erhält man relativ gut leitende Halbleiter, da viele Elektronen im Leitungsband vorhanden sind. Wegen des erwähnten konstanten Produktes aus den Konzentrationen von Elektronen und Löchern muß allerdings die Anzahl der vorhandenen Löcher sehr klein werden. Diese Löcher werden daher Minoritätsträger, die Elektronen Majoritätsträger genannt; der Halbleiter selbst wird nach der negativen Polarität der Majoritätsträger als n-dotiert bezeichnet.

Eine analoge Betrachtung können wir nun für die Dotierung mit dreiwertigen Atomen, z.B. mit Bor, durchführen (Bild 4c). Statt der vier mit jedem ersetzten Siliziumatom dem Valenzband entnommenen Elektronen werden jedoch nur drei mit dem Bor eingeführt. Jedes Boratom verursacht also ein frei im Si-Valenzband bewegliches Loch: Ein p-dotierter Halbleiter (positive Majoritätsträger) ist entstanden; jetzt sind die Elektronen die Minoritätsträger.

Halbleiterkristall und Lichtabsorption

Der Grundprozeß der Lichtabsorption ist nach diesen Vorbereitungen sehr einfach zu verstehen. Das in den Halbleiter einfallende Licht wird als ein Strom von Photonen der (Quanten-) Energie $h \cdot \nu$ betrachtet (ν = Lichtfrequenz = c/λ, c = Lichtgeschwindigkeit, $\lambda \approx$ Lichtwellenlänge; der Zusammenhang zwischen Wellenlänge und Energie kann *Bild 5a* entnommen werden). Wie eine Gitterschwingung (Bild 4a), so kann das Photon seine Energie auf ein Elektron im Valenzband übertragen. Zwei Bedingungen müssen für diesen Prozeß erfüllt sein: Es kann nur die *gesamte* Quantenenergie übertragen werden; das Photon existiert dann nicht mehr, da es nur aus Energie besteht, es ist absorbiert. Die Energieübertragung





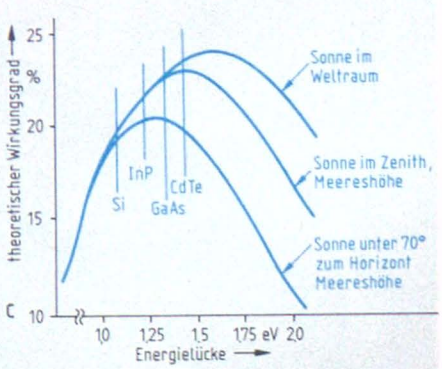


Bild 5. a) Sonnenspektrum für verschiedene Bedingungen. Durch die Atmosphäre wird im wesentlichen der hochenergetische Teil (Blauanteil) des Spektrums verringert. b) Absorptionsverhalten von Si und GaAs als Funktion der Photonenenergie (vgl. mit Bild 5a). Der Absorptionskoeffizient ist logarithmisch aufgetragen: bei 2 eV z. B. absorbiert GaAs über zehnmal so stark wie Si. c) Theoretischer Wirkungsgrad von Solarzellen in Abhängigkeit von der Energielücke für verschiedene Lichtspektren

ist ferner nur möglich, wenn das Elektron in einen vorher unbesetzten Energiezustand übergeführt werden kann. Unbesetzte Zustände gibt es zuhauf im Leitungsband (auch in n-dotierem Material). Starke Lichtabsorption setzt also ein, wenn die Photonenenergie ausreicht, um Elektronen vom Valenzband ins Leitungsband zu bringen (Bild 4*d*).

Bild 5*b* zeigt den Verlauf der Absorption in Abhängigkeit von deren Photonenenergie für zwei ausgesuchte Halbleiter. Für später ist es wichtig festzustellen, daß Si viel schwächer absorbiert als GaAs. Die Ursache dafür ist, daß in GaAs der Absorptionsprozeß direkt so abläuft wie geschildert (*direkter* Halbleiter). Si (wie auch Ge und gewisse Verbindungshalbleiter) ist dagegen ein *indirekter* Halbleiter; in diesem ist die Photonenabsorption nur möglich, wenn gleichzeitig noch eine Gitterschwingung beteiligt ist. Die geringere Absorption ist damit zu erklären, daß nicht immer eine geeignete Gitterschwingung am Ort des Photons vorhanden ist. Die vollständige Absorption des einfallenden Lichtes (wichtig für guten Wirkungsgrad einer Solarzelle) erfordert daher viel dickere Kristalle bei indirekten als bei direkten Halbleitern (Si ca. 200 µm, GaAs ca. 10 µm). Diese Tatsache bestimmt im wesentlichen den Materialverbrauch.

Positive und negative Ladungsträger werden bei der Lichtabsorption zwar in gleichen Mengen erzeugt, sie sind jedoch in den ausschließlich verwendeten dotierten Halbleitern keineswegs gleichberechtigt. Der eine Ladungsträgertyp gehört zu den Minoritätsträgern. Produktion von Minoritätsträgern heißt aber, daß deren Konzentration viel größer wird, als durch die obige Gleichgewichtsbedingung zugelassen. (Die sowieso sehr große Anzahl der Majoritätsträger ändert sich dagegen relativ wenig.) Daher sind die Minoritätsträger bestrebt, möglichst rasch wieder zu verschwinden, d.h. über irgendwelche Prozesse mit Majoritätsträgern zu rekombinieren. Ein erzeugter Minoritätsträger hat somit eine begrenzte (mittlere) Lebensdauer zur Verfügung, während der er frei durch den Kristall diffundiert und eine mittlere Strecke zurücklegt (Diffusionslänge). Da bei zufriedenstellend arbeitenden Solarzellen möglichst alle photoerzeugten Ladungsträger eingefangen werden müssen, ist man bei der Herstellung von Solarzellen bestrebt, möglichst lange Lebensdauer zu erzielen. Alle Arten von Kristallstörungen, die meist unbeabsichtigt oder als Nebenwirkung eines Prozeß-Schrittes erzeugt werden, fördern die Rekombination außerordentlich. Wir wollen daher zunächst einige besonders wichtige Beispiele betrachten, bevor wir zum Prinzip heutiger Solarzellen übergehen.

Ohne die Einzelheiten der Solarzellen zu kennen, können wir an dieser Stelle schon den theoretisch maximalen Wirkungsgrad betrachten. Gesucht ist das Verhältnis von abgegebener elektrischer Leistung zu einfallender Lichtleistung, wenn sämtliche photoerzeugten Ladungsträger gesammelt werden. Leider ist dieser Wirkungsgrad immer sehr viel kleiner als 1. Dies rührt letztlich davon her, daß das einfallende Licht ein Energiespektrum besitzt (vgl. Bild 5a).

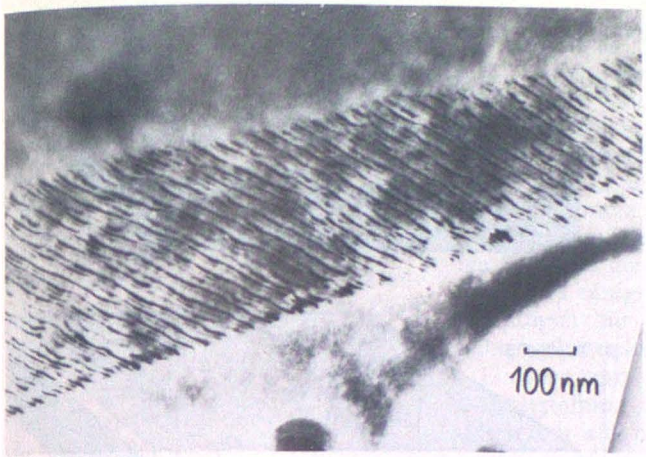
Die Solarzelle kann prinzipiell nur den Teil des Spektrum verwerten, der oberhalb der Energie der Bandlücke liegt, jedoch auch nur begrenzt. In diesem Spektrumsteil gibt es viele Photonen, die wegen ihrer hohen Energie im Vergleich zur Bandlücke die Elektronen weit in das Leitungsband hineinheben (Bild 4d). Diese Elektronen fallen sehr rasch in den Zustand niedrigster Energie an der Unterkante des Leitungsbandes. Die dabei in Gestalt von Wärme abgegebene Energie ist für die Umwandlung in elektrische Energie verloren. Je geringer die Bandlücke, um so größer ist dieser Verlust; andererseits werden aber mehr Photonen verwendet. Man erwartet also ein Optimum des Wirkungsgrades bei mittleren Energielücken. (Diese Argumentation ist stark vereinfacht, da sie den bei kleinen Energielücken besonders schädlichen Einfluß thermisch erzeugter Ladungsträger außer acht läßt; die Schlußfolgerung bleibt aber gleich.) Bild 5c zeigt das Ergebnis (korrekter) Rechnungen: Von den ca. 1 kW/m² einfallender Lichtleistung können idealerweise ca. 150...250 W elektrische Leistung gewonnen werden. Auf eine heutzutage diskutierte Möglichkeit, diesen Wirkungsgrad doch noch zu verbessern, werden wir zum Schluß kurz eingehen.

Der reale Halbleiterkristall

Eine unausweichliche, weil naturgegebene starke Störung des Halbleiterkristalls ist die Oberfläche. In ihrer Nähe ist die Lebensdauer der Minoritätsträger sehr klein. Diesem Einfluß der idealen Oberfläche kann nur durch geschickte Konstruktion der Solarzelle begegnet werden. Da jedoch praktisch alle Prozesse bei der Herstellung der Solarzelle an der Oberfläche angreifen, besteht immer die Gefahr, daß unerwünschte Fremdstoffe (z.B. Schwermetallatome) oder Gitterfehler eingeführt werden, die die Minoritätsträgerlebensdauer im weiteren Bereich der Oberfläche beträchtlich verschlechtern. In einer früheren Arbeit[1]) wurden die Grundformen solcher Defekte schon besprochen: atomare Defekte (z.B. Verunreinigungsatome) und linienhafte Defekte (Versetzungen). Besonders nachteilig wirken sich aber Zusammenlagerungen solcher Defekte aus. An diesen

Bild 6. Elektronenmikroskopisches Bild einer Ausscheidung in einem Silizium-Solarzellenmaterial. Das Bild ist ein Beispiel für die heute bei der Halbleiteruntersuchung oft angewendete atomare Auflösung. Die regelmäßig angeordneten weißen Punkte sind Kanäle im Kristallgitter, die wegen der periodischen Anordnung der Atome auftreten. Die Atome selbst sind auf dem Bild nicht einzeln sichtbar, sie liegen in den dunklen Bereichen zwischen den weißen Punkten

[1]) *Strunk, H.; Kolbesen, B.O.*: Den Ausfallursachen integrierter Schaltungen auf der Spur. FUNKSCHAU 1979, Heft 25, S. 1145...1149



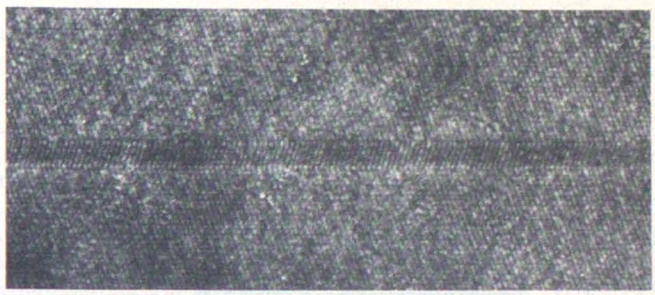


Bild 8. Elektronenmikroskopische Aufnahmen eines schmalen Zwillingsbereiches (im gleichen Maßstab wie Bild 6). Die spiegelbildliche Orientierungsbeziehung der Kristallbereiche ist dank der atomaren Auflösung direkt sichtbar

◀ Bild 7. Elektronenmikroskopisches Bild einer dichten Anordnung von Versetzungen, d. h. einer Korngrenze, in GaAs. Korngrenzen sind wirkungsvolle Rekombinationszentren für Minoritätsträger

Ausscheidungen können Minoritätsträger sehr leicht rekombinieren, auch werden dort schädliche thermische Ladungsträger in großer Zahl gebildet. *Bild 6* zeigt die elektronenmikroskopische Aufnahme einer Ausscheidung in einem Si-Solarzellenmaterial.

Besonders wichtig sind Korngrenzen, das sind Netzwerke von Versetzungen, die Kristallbereiche unterschiedlicher Orientierung aneinander passen (*Bild 7*). Korngrenzen sind wegen ihrer großen Fläche äußerst wirkungsvolle Rekombinationszentren. Ein spezieller flächenhafter Fehler ist die sogenannte Zwillingsgrenze. Diese trennt zwei Kristallbereiche, die spiegelbildlich zueinander orientiert sind. In *Bild 8* ist diese Orientierungsbeziehung deutlich zu erkennen. Zwillingsgrenzen beeinflussen an sich die Lebensdauer von Minoritätsträgern nur wenig, sie lagern jedoch wie die Korngrenzen während der Hochtemperaturprozesse bevorzugt Verunreinigungsatome an; dadurch werden auch Zwillingsgrenzen aktive Rekombinationszentren.

Die Solarzelle

In der Solarzelle müssen die photoerzeugten Ladungsträger, also Elektronen und Löcher, getrennt und als Strom nach außen abgegeben werden. Die Trennung kann prinzipiell auf zweierlei Weise erfolgen: mittels einer Schottky-Barriere oder mit einem pn-Übergang.

Die Schottky-Barriere besteht im wesentlichen aus einem dünnen Metallfilm, der auf die Oberfläche eines Halbleiters aufgedampft wird. Die Qualität der Schottky-Barriere wird also direkt durch den Zustand der hochreaktiven und zu Verunreinigungen neigenden Oberfläche beeinflußt. Dadurch entstehen viele Probleme, die wir hier nicht diskutieren können und die der Grund dafür sind, daß Schottky-Solarzellen das Laborstadium noch nicht verlassen haben.

Wie erfolgt nun die Sammlung photoerzeugter Ladungsträger durch einen pn-Übergang? Bringt man einen p- und einen n-Kristall in Kontakt, dann rekombinieren die aufeinandertreffenden Majoritätsträger beiderlei Vorzeichens. Im Kontaktbereich tritt dadurch eine Verarmung an Ladungsträgern ein. Gleichzeitig bildet sich wegen der (ortsfesten) Dotieratome eine lokale Raumladung aus: positiv auf der n-Seite, negativ auf der p-Seite (*Bild 9a*). Diese Raumladung war ursprünglich durch die vorhandenen Majoritätsladungsträger kompensiert. Sie verhindert, daß Majoritätsträger von beiden Seiten her unbegrenzt in den Kontaktbereich einströmen und dort rekombinieren können: Z.B. werden die Majoritätsträger (Elektronen) des n-Kristalls durch die negative Raumladung im p-Bereich abgestoßen.

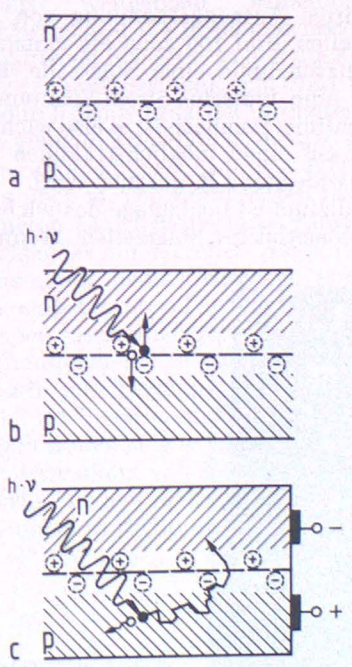


Bild 9. Der pn-Übergang. a) Die Verarmung an Majoritätsträgern im Kontaktbereich zwischen n- und p-Kristall führt zur Ausbildung einer Raumladung, die von den ionisierten Dotieratomen herrührt (symbolisiert durch die großen Kreise). b) Ein im pn-Übergang durch ein Photon erzeugtes Ladungsträgerpaar wird durch die bestehende Raumladung getrennt. c) Bei außerhalb des pn-Übergangs erzeugten Ladungsträgerpaaren muß der Minoritätsträger in den pn-Übergang diffundieren, um zum Photostrom beitragen zu können

Betrachten wir nun das Verhalten eines Elektron-Loch-Paares, welches durch ein einfallendes Photon nach Bild 4d erzeugt wird. Entsteht das Paar innerhalb des pn-Übergangsbereiches

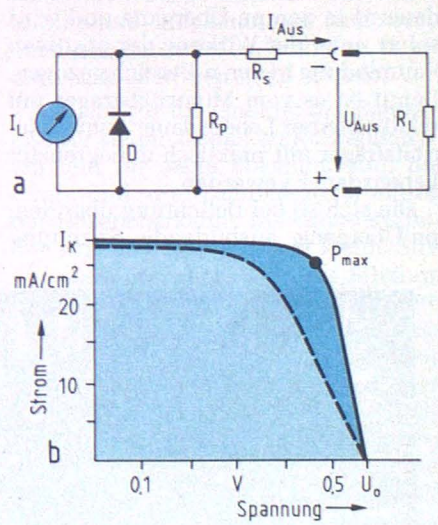


Bild 10. a) Einfaches Ersatzschaltbild einer Solarzelle (I_L = Konstantstromquelle, repräsentiert den durch Belichten erzeugten Ladungsträgerstrom; D = Diode; R_P = ohmscher Parallelwiderstand, beschreibt Leckströme parallel zur Diode, bei guten Zellen ist dieser Widerstand sehr hoch und kann vernachlässigt werden; R_s = Serienwiderstand, beschreibt Bahnwiderstände im Halbleiter und in den Kontakten; R_L = Lastwiderstand; I_{Aus} = Ausgangsstrom; U_{Aus} = Ausgangsspannung). b) Typische Strom-Spannungs-Kennlinie einer Solarzelle, Belichtung mit 100 mW/cm² P_{max} = Punkt größter Leistungsabgabe, I_K = Kurzschlußstrom, U_O = Spannung bei offenem Eingang). Die Zelle hat etwa 12 % Wirkungsgrad bei P_{max}. Die gestrichelte Kurve gilt für vergrößerten Serienwiderstand R_S, der Wirkungsgrad sinkt dabei auf unter 10 %.

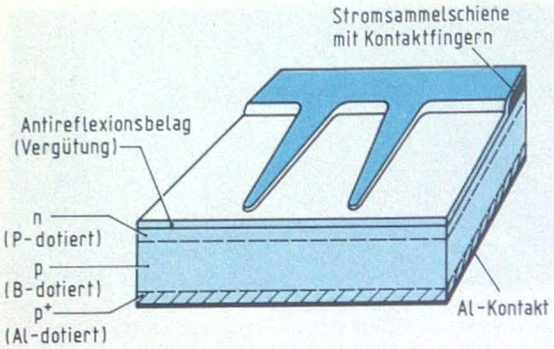


Bild 11. Schematischer Aufbau einer modernen Solarzelle (nicht maßstäblich)

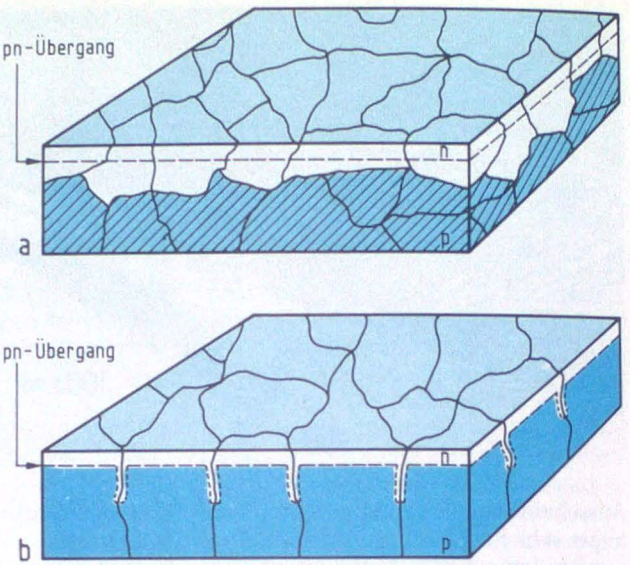


Bild 12. ▶ Polykristallines Material für Solarzellen. a) Regellos verteilte Körner; die in den schraffiert gezeichneten Körnern erzeugten Minoritätsträger können den pn-Übergang nicht erreichen, da sie an den dazwischenliegenden Korngrenzen rekombinieren. b) Säulenförmige Struktur der Körner; auch tief im Kristall erzeugte Minoritätsträger können den pn-Übergang erreichen. Die Verzerrung des pn-Überganges entsteht durch die beschleunigte Diffusion des n-Dotierstoffes entlang den Korngrenzen

(Bild 9b), dann wird wegen der Raumladung das Loch unmittelbar in Richtung p-Bereich, das Elektron in Richtung n-Bereich gezogen. Das heißt, die Ladungsträger werden getrennt und gelangen in Bereiche, in denen sie Majoritätsträger sind. Besonders deutlich wird das, wenn wir den allgemeinen Fall eines außerhalb des pn-Überganges erzeugten Ladungsträgerpaares betrachten: Wir nehmen den Entstehungspunkt im p-Bereich an (Bild 9c). Das entstandene Elektron diffundiert als Minoritätsträger im p-Kristall. Schließlich gerät es (wenn es nicht vorher rekombiniert und verlorengeht, daher die Notwendigkeit großer Lebensdauern) in den pn-Übergang und wird sofort unter der Wirkung der positiven Raumladung in den n-Bereich gezogen. Damit ist es vom Minoritätsträger mit relativ kleiner Lebensdauer zum Majoritätsträger mit praktisch unbegrenzter Lebensdauer geworden.

Die sich so bei Belichtung über dem pn-Übergang ausbildende Spannung kann jedoch nicht beliebig groß werden (Bild 9c). Sie spannt den pn-Übergang, der ja nichts anderes als eine Diode ist, nämlich *in Durchlaßrichtung* vor. Die Spannung kann also nur die Höhe von etwa der Kniespannung der Diode erreichen, und das ist der Grund für die niedrige Ausgangsspannung von Solarzellen. *Bild 10a* zeigt ein einfaches Ersatzschaltbild einer Solarzelle, Bild 10b eine typische Strom-Spannungs-Kennlinie. Demnach ist es also wichtig, daß auf einen möglichst kleinen Serienwiderstand R_s geachtet wird.

Silizium ist heutzutage das wichtigste Material für Solarzellen. Wenn es auch andere Materialien mit höherem theoretischen Wirkungsgrad gibt (vgl. Bild 5c), so hat Silizium doch ausschlaggebende Vorteile: Es kommt in der Natur in Form seines Oxides häufig vor, und seine Technologie ist am weitesten fortgeschritten. Die meisten Solarzellen werden aus üblichen, ca. 250 µm dicken einkristallinen Siliziumscheiben (Wafer) hergestellt, die meist mit Bor dotiert, also vom p-Typ sind. Der benötigte pn-Übergang wird durch Phosphordiffusion erzeugt und liegt etwa 0,5 µm unter der Oberfläche.

Diese Nähe zur Oberfläche ist notwendig, da der blaue Teil des Spektrums bevorzugt in Oberflächennähe absorbiert wird (vgl. Bild 5b). Die dadurch erzeugten Ladungsträger müssen im Interesse eines guten Wirkungsgrades vor ihrer Rekombination an der Oberfläche gesammelt werden. Um den Serienwiderstand R_s (vgl. Bild 10a) klein zu halten, sollte die n-Schicht niederohmig ausgelegt sein, d.h. sie sollte möglichst dick (was der vorigen Bedingung widerspricht) und möglichst hoch dotiert sein. Leider muß bei der Dotierung ebenfalls ein Kompromiß geschlossen werden, da hohe Dotierung zu starken Störungen des Kristalls (Ausscheidungen, Versetzungen) und damit zu hohen Rekombinationsraten führt. Erst in den letzten Jahren ist es gelungen, diese durch hohe Dotierung erzeugte tote Schicht trotz ziemlich hoher Phosphorkonzentration zu vermeiden.

Auf die Oberfläche der diffundierten Scheibe werden anschließend mit den üblichen Methoden wie Fotolithogra-

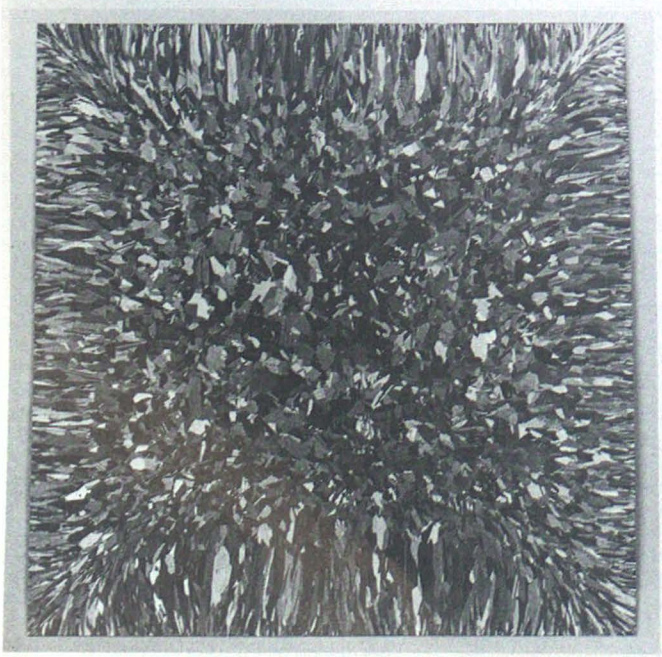


Bild 13. Silizium-Gußkristall mit säulenförmiger Struktur. Der fast rechteckige Querschnitt des Blockes (Kantenlänge 100 mm) erlaubt die optimale Anordnung der späteren Solarzellen in einer Fläche (zur Verfügung gestellt von der Wacker Heliotronic GmbH)

phie, Aufdampfen, elektrolytische Abscheidung usw. Kontaktleitungen aufgebracht. Diese Leitungen müssen viele Forderungen gleichzeitig erfüllen; sie müssen korrosionsbeständig und lötbar sein, gut haften, möglichst niederohmig sein und einen guten ohmschen Kontakt herstellen. Sie bestehen meist aus nacheinander aufgedampften Ti-Pd-Ag- oder Ti-Ag-Schichten, die anschließend bei einigen hundert Grad gesintert werden. Das Kontaktsystem muß sorgfältig optimiert werden, da die Kontaktleitungen lichtundurchlässig sind und einen Teil der Zellenoberfläche abschatten (meist 5...8 %), also den Gesamtwirkungsgrad entsprechend verschlechtern. Auf dieses System werden aus der Fotolinsenherstellung bekannte optische Vergütungsschichten (eine oder mehrere), bestehend aus Silizium-, Titan-, Aluminium- oder anderen Oxiden, aufgebracht (*Bild 11*). Diese verringern die Reflexion des auftreffenden Lichtes sehr stark.

Wegen des indirekten Charakters des Siliziums (vgl. Bild 5b) werden viele Ladungsträger durch längerwelliges Licht tief im Kristall ezeugt. Folglich ist der Verlust der Minoritätsträger insbesondere bei dünneren Siliziumscheiben durch Rekombination an der Rückseite nicht zu vernachlässigen. Hier wurde in den letzten Jahren eine elegante Verbesserung dadurch erzielt, daß man das als Kontaktmaterial benutzte Aluminium (dreiwertig) gleichzeitig für eine sehr starke p-Dotierung benutzt. Dadurch wird in der Nähe der rückwärtigen Oberfläche ein $p\text{-}p^+$-Übergang erzeugt, der sich wie ein pn-Übergang verhält und den Weg der Minoritätsträger (Elektronen) an die Oberfläche sperrt. Solarzellen der eben geschilderten Art erreichen bemerkenswerte 16 % Wirkungsgrad, sind also bereits sehr gut im Vergleich zu den theoretischen 20 % (s. Bild 5c).

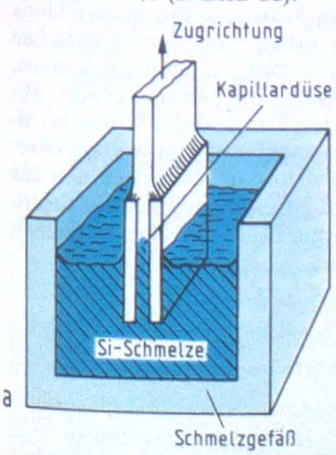


Bild 14a. Siliziumkristalle in Bandform: Schema für das Ziehen mit einer schlitzförmigen Kapillardüse

Heutige Entwicklungstendenzen

Der Siliziumkristall ist das teuerste an der Solarzelle. Folglich sind viele Bemühungen einmal auf die verbilligte Gewinnung von Si-Grundmaterial, das den Reinheitsanforderungen für Solarzellen entspricht, und zum anderen auf eine einfache Herstellung der benötigten Scheiben gerichtet. Wir wollen im folgenden einige aussichtsreiche Bestrebungen für eine kostengünstige Scheibenherstellung betrachten.

Ein sehr teurer Schritt ist die Einkristallherstellung. Diese kann im Prinzip durch den weit billigeren Siliziumguß ersetzt werden. Leider sind Si-Gußstücke immer polykristallin; eine daraus hergestellte Scheibe enthält daher viele Korngrenzen, an denen Minoritätsträger bevorzugt rekombinieren. Eine Solarzelle aus solchem Material (*Bild 12a*) hat demnach einen schlechten Wirkungsgrad (allenfalls einige %), da nur die Körner an der Oberfläche zum Photostrom beitragen können.

Hierzu setzt nun eine trickreiche Idee an, die besonders in Deutschland verfolgt wird. Durch geschickte Kontrolle der Temperaturverteilung und durch geeignete Konstruktion des Gußgefäßes kann erreicht werden, daß die Korngrenzstruktur beim Erstarren des Siliziums weitgehend säulenförmig wächst (s. *Bild 13*). In entsprechend geschnittenen Scheiben stehen die Korngrenzen praktisch senkrecht (Bild 12b). Dadurch kann trotz der Korngrenzen die gesamte Kristalldicke genutzt werden. Zwar können Ladungsträger immer noch an den Korngrenzen rekombinieren, jedoch wegen eines günstigen Umstandes nur begrenzt. Während der Herstellung des pn-Überganges können die eingebrachten Phosphoratome besonders rasch entlang den Korngrenzen diffundieren und dadurch ihnen vorgelagerte pn-Übergänge erzeugen (Bild 12b). (In integrierten Schaltungen dagegen führen solche verstärkten Diffusionen entlang von Kristallbaufehlern im allgemeinen zu Ausfällen.) Aus dem Volumen in Richtung Korngrenze diffundierende Minoritätsträger werden so vor der Rekombination bewahrt und aufgesammelt. Der engere n-dotierte Bereich um die Korngrenze herum allerdings ist nicht nutzbar, was einer Reduzierung der effektiven Solarzellenfläche entspricht. Solarzellen dieser Art erreichen regelmäßig Wirkungsgrade über 10 % (bis zu 14 %).

Eine andere, besonders in den USA verfolgte Entwicklung geht von der Überlegung aus, daß bei dem Absägen der Scheiben von Einkristallen und Gußblöcken 40...50 % des reinen Siliziums verschwendet werden. Man versucht daher, Siliziumkristalle der benötigten Dicke in Bandform direkt aus der Schmelze zu ziehen. Das freie Ziehen hat wegen der geringeren Verunreinigungsgefahr gegenüber der Bandproduktion auf bandförmigen Unterlagen (Substraten) gewisse Vorteile. Zwei erfolgversprechende Verfahren sollen kurz erläutert werden.

Bei dem in *Bild 14a* skizzierten Verfahren wird eine spaltförmige Düse benutzt. Das Material der Düse ist Graphit, manchmal mit Silizumkarbid verkleidet. Dieses Material wird vom Silizium benetzt, d.h. im Spalt entstehen Kapillarkräfte, die das flüssige Silizium hochsteigen lassen. An der Oberkante kann das flüssige Silizium mit einem Impfkristall aufgenommen und nach oben gezogen werden, wobei es zu einem einkristallinen Band erstarrt.

Kritisch für die Qualität des Bandes, also für seinen Gehalt an Kristalldefekten und für seine Ebenheit, sind die Form und die Temperaturverteilung der Düsenoberkante. Insbesondere bilden sich an der Düse leicht kleine Siliziumkarbidteilchen, weil das Silizium mit dem Graphit chemisch reagiert. Diese Teilchen lösen sich ab und werden in das Band eingebaut, wo sie starke Kristallstörungen verursachen können. Heutzutage können Bänder von 5 bis 10 cm Breite mit einigen cm pro Minute kontinuierlich gezogen werden. Bild 14*b* zeigt ein typisches Bandstück. Die Bänder enthalten neben

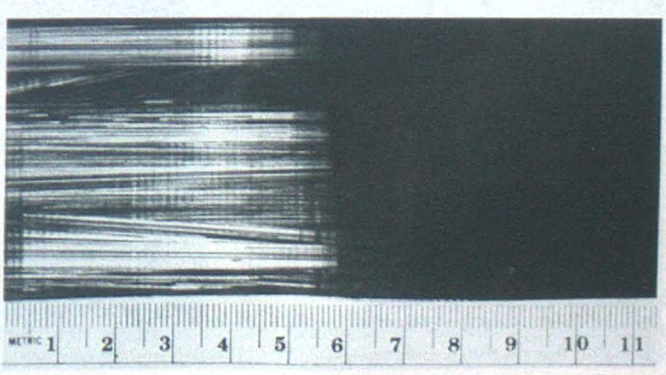


Bild 14b. ▶ Nach Bild 14a bei Mobil Tyco gezogenes Siliziumband (Zugrichtung waagerecht, Maßstab in cm). Der linke Teil ist geätzt, um die Defektstruktur deutlich zu machen. Die geraden, nahezu waagerecht verlaufenden Linien sind Zwillingsgrenzen. Die rechte Seite ist unbehandelt. Die senkrechte periodische Streifung rührt von einer leichten Welligkeit her

Versetzungen meist Zwillingsgrenzen und einige Korngrenzen, die jedoch wie im Fall des gegossenen Siliziums meist senkrecht im Band stehen. Gefertigte Solarzellen erreichen Wirkungsgrade um 11 %.

Die Nachteile der Düse vermeidet ein vom Ansatz her eleganteres Verfahren, das sich die Eigenschaften des sogenannten dendritischen Wachstums zunutze macht. Hierbei kann ein nadelförmiger Kristall unter betimmten Bedingungen rasch in eine leicht unterkühlte Flüssigkeit hineinwachsen. Zwei solcher Dendriten (*Bild 15a*) werden gleichzeitig nebeneinander aus einer unterkühlten Siliziumschmelze herausgezogen; die wachsenden Dendriten bilden dabei eine Führung, zwischen der das Silizium zu einem Band erstarrt.

Bei diesem Verfahren müssen der Grad der Unterkühlung, die Temperaturverteilung und das Niveau der Si-Schmelze sehr genau konstant gehalten werden. Die Probleme, die bei der Erfüllung dieser kritischen Forderungen auftreten, sind der Grund dafür, daß mit diesem Verfahren bisher nur Bänder bis zu einem Meter Länge hergestellt werden konnten. Daß trotzdem intensiv weitergearbeitet wird, liegt daran, daß die hergestellten Bänder bis auf eine systembedingte oberflächenparallele Zwillingsgrenze in der Bandmitte praktisch frei von groben Strukturfehlern sind (Bild 15b). Solche Bänder sind möglicherweise ein ausgezeichneter Ersatz für die bisher verwendeten einkristallinen Siliziumscheiben.

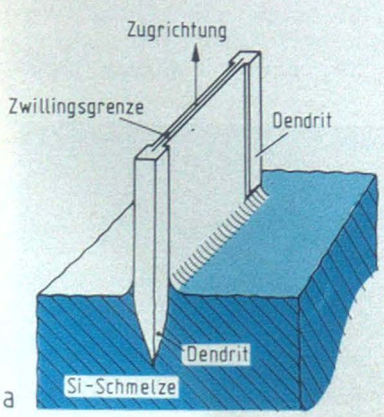
Ausblick

Von den vielen Entwicklungsrichtungen, die später einmal wichtig werden könnten, möchten wir zum Schluß noch einige erwähnen. Der Materialverbrauch läßt sich prinzipiell weiter verringern, indem die Solarzellen sehr dünn (einige µm) gemacht werden. Für einen guten Wirkungsgrad müssen dann im allgemeinen direkte Halbleiter verwendet werden. Dünne Schichten lassen sich am einfachsten durch Verdampfen, Aufsprühen und ähnliche Verfahren herstellen. Solche Schichten enthalten aber heutzutage noch sehr viele Fehler und werfen große technologische Probleme auf; erhebliche Entwicklungsarbeit ist noch nötig, bis Solarzellen auf dieser Basis in größeren Mengen produziert werden können. Leider bestehen die direkten Halbleiter aus relativ seltenen und teuren Elementen (Ga, As, In), so daß heute noch nicht einmal sicher ist, ob ihre Verwendung wirklich billiger sein wird. Seit den letzten Jahren erstrecken sich daher viele Untersuchungen auf amorphes Silizium, welches sich ähnlich wie ein direkter Halbleiter verhält. Die damit hergestellten Solarzellen weisen heute Wirkungsgrade von 2...4 % auf, angestrebt werden 8...10 %.

Eine andere Entwicklungsrichtung gibt das Konzept großer, mit Solarzellen bedeckter Flächen auf. Mit Spiegeln oder Linsen der verschiedensten Bauarten kann Sonnenlicht auf kleine Solarzellen fokussiert werden. Untersuchungen zeigen, daß es sich bei über etwa 100facher Konzentration lohnt, optimierte (also teure) Solarzellen einzusetzen. Optimierte Systeme mit zwei oder drei Solarzellen können nach Rechnung 40% Wirkungsgrad erreichen, Verluste durch Lichtaufteilung sind dabei schon berücksichtigt. Jedoch neu auftretende ingenieurmäßige und technologische Schwierigkeiten müssen noch überwunden werden. Das Solarzellensystem muß zum Beispiel je nach Konzentrationsgrad innerhalb von Bruchteilen eines Grades der Sonne nachgeführt werden, und die Kühlung der Solarzelle muß gesichert sein. Solarzellen lassen sich zwar für höhere Betriebstemperatur auslegen (Zellen auf GaAs-Basis können – was den Wirkungsgrad angeht – bis ca. 100 °C arbeiten), jedoch treten dann neue Hochtemperatureffekte auf. Z.B. führen die hohen Stromdichten in den dünnen Leiterbahnen der Solarzelle zum Phänomen der Materialwanderung: Die Atome des Leiters wandern langsam mit dem Stromfluß mit, was rasch zu Leiterbahnunterbrechungen führt. Ungleiche Ausleuchtung solcher Zellen kann ferner zu lokaler Überlastung und Zerstörung führen.

Vorteilhaft ist, daß es das Prinzip der Lichtkonzentration gestattet, aufwendige Solarzellensysteme zu verwenden, bei denen jeweils eine optimierte Solarzelle nur einen Teil des Lichtspektrums in elektrische Energie umwandelt. Die Aufteilung des Spektrums kann einmal mit entsprechenden teildurchlässigen Spiegeln erreicht werden, aber analog der integrierten Schaltungstechnik sind auch monolithisch hergestellte Stapel von Solarzellen denkbar, bei denen die oberste Zelle (mit großer Energielücke) den hochenergetischen (blauen) Teil des Spektrum absorbiert, die darunter liegenden Zellen nacheinander die immer niederenergetischeren Spektrumsteile.

Wir können hier viele der sich andeutenden Entwicklungen gar nicht besprechen. Es ist z.B. durchaus möglich, daß später billige lumineszierende Substanzen für die Sonnenlichtkonzentration eingesetzt werden. Außerdem haben wir die ganze Klasse derjenigen Solarzellen unterschlagen, in denen der pn-Übergang durch Zusammenfügen vollständig verschiedener Halbleiter hergestellt wird. Wir hoffen jedoch, zumindest gezeigt zu haben, daß Solarzellen bei konsequenter Entwicklung durchaus einen Teil der elektrischen Energie von morgen erzeugen können, vorausgesetzt, die Sonne scheint. Mit dieser Bemerkung sind wir aber bei einer Frage angelangt, die weitere Überlegungen erfordert: Wie läßt sich aus dem Sonnenlicht gewonnene elektrische Energie für Zeiten der Dunkelheit speichern?



a

Bild 15a. Siliziumkristalle in Bandform; Schema für das Dendriten-Ziehverfahren

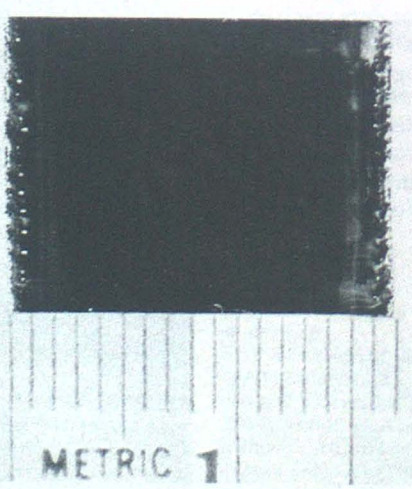


Bild 15b. Nach Bild 15a bei Westinghouse gezogenes Siliziumband (Zugrichtung senkrecht, Maßstab in cm). Die berandenden Dendriten sind deutlich sichtbar. Die Oberfläche ist bemerkenswert glatt und frei von Gitterstörungen

Stichworte zum Inhalt

Bändermodell, Dotierung, Lichtabsorption, Halbleiter, Wirkungsgrad, Siliziumguß, Siliziumkristalle in Bandform.

Dieter Nührmann

Bauelemente in Theorie und Praxis

(5)

Eine Serie für alle, die es noch nicht wissen oder wieder vergessen haben

Bauelemente der Elektronik

Wichtigste Bestandteile einer elektronischen Schaltung sind ihre Bauelemente. Ohne exaktes Wissen über ihr Verhalten hätte mit Sicherheit nie der Mikroprozessor erdacht werden können. In den folgenden Kapiteln befassen wir uns nun etwas näher mit den Bausteinen und durchleuchten dabei gleich ihre wichtigsten Einsatzgebiete.

Der ohmsche Widerstand

Hierzu gehören folgende Typen von Widerständen:

- Festwiderstände,
- einstellbare oder variable Widerstände (Potentiometer),
- nichtlineare Widerstände (NTC – PTC – VDR).

Nach dieser kurzen Übersicht werden die drei Gruppen jetzt einzeln behandelt. Fangen wir bei der Gruppe der Festwiderstände an.

Die Festwiderstände

Festwiderstände kommen in elektronischen Schaltungen sehr häufig vor. Sie bestimmen (begrenzen) Strom- und Spannungswerte, sie dienen dazu, den Arbeitspunkt eines Transistors oder einer ganzen Schaltung einzustellen, oder sie werden als Arbeits- oder Lastwiderstände verwendet, an denen in einer Schaltung die gewünschte (verstärkte) Signalspannung abfällt.

Beschäftigen wir uns zunächst einmal mit den Bauformen. Der Widerstand kann – für den praktischen Gebrauch zum Einlöten in eine Schaltung – nach *Bild 29* eine Größe von 4 mm x 1,5 mm haben, nach *Bild 30* aber auch 80 mm lang sein. Hierbei handelt es sich um die Spezialausführung eines Hochspannungswiderstandes im Hochohmbereich (270 MΩ, wie die Aufschrift zeigt), wie er z. B. in Hochspannungstastköpfen von elektronischen Voltmetern zur Meßbereichserweiterung benutzt wird. Der darunter liegende dunkle Widerstand hat einen Wert von 2,7 GΩ (das sind $2{,}7 \cdot 10^9\ \Omega$). Gleich ein Tip: Wer mit diesen Widerständen zu tun hat, sollte die Oberfläche nach Einbau „polieren". Schmutz, Fett oder Schweiß machen aus dem 2,7 GΩ irgend etwas anderes, aber bestimmt nicht 2,7 GΩ!

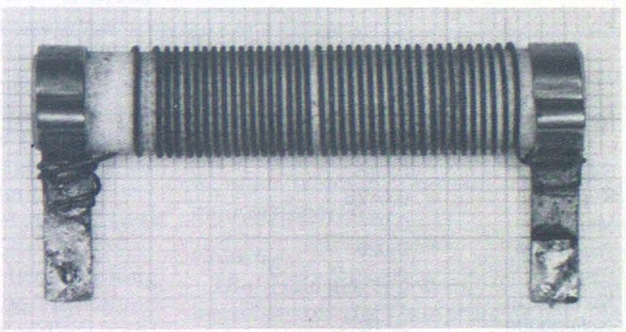


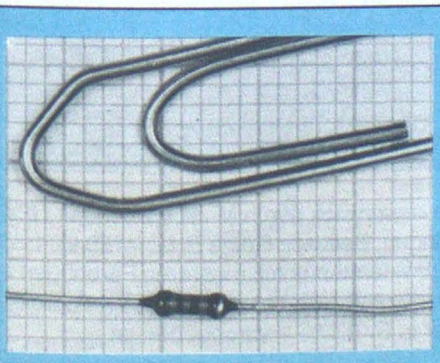
Bild 31. Ein aus Draht gewickelter Widerstand mit niedrigem Ohmwert

Die Widerstände höherer Leistung sind im unteren Ohmbereich – bis ca. 10 kΩ – oft aus Widerstandsdraht (*Bild 31*) gewickelt. Der hier abgebildete Widerstand hat einen Wert von 8 Ω. Da die Widerstandswicklung zu erkennen ist, läßt sich der Widerstandswert auch errechnen, wenn die Materialkonstante des Widerstandsdrahtes bekannt ist:

$$R = \frac{l \cdot \varrho}{A}$$

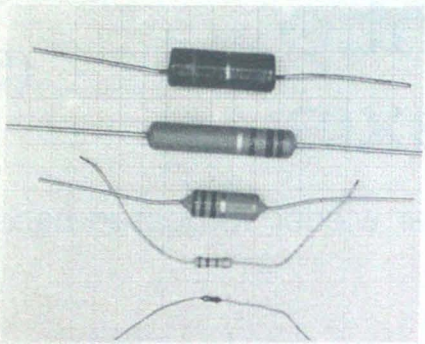
R = Widerstandswert, l = Länge des Leiters in m, A = Querschnitt des Leiters in mm², ϱ = spezifischer Widerstand in $\left[\frac{\Omega \cdot \mathrm{mm}^2}{\mathrm{m}}\right]$

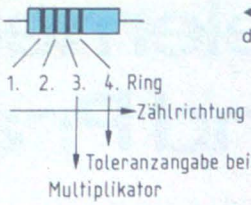
Die Materialkonstante – spezifischer Widerstand ϱ bei 20 °C – ist für einige Materialien aus folgender Tabelle zu entnehmen:



◄ Bild 29. Ein Miniaturwiderstand im Vergleich zu einer Büroklammer

Bild 30. ► Spezielle Anforderungen an Widerstände führen zu unterschiedlichen Bauformen und Größen





◀ Bild 33. Farbringe dienen zur Codierung von Widerstandswert und Toleranz

◀ Bild 32. Schichtwiderstände mit gleichem Widerstandswert für Verlustleistungen von 0,1 W (unten) bis 4 W (oben)

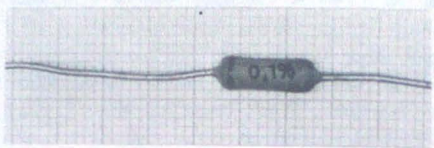


Bild 34. Manche Bauformen erlauben einen Ausdruck in Klartext, hier die Angabe von 1 % Toleranz

Material	$\varrho \left[\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}\right]$
Silber	0,016
Kupfer	0,0178
Messing	0,07
Aluminium	0,028
Eisen	0,1...0,2
Konstantan	0,5
Isolierstoffe	$> 10^{10}$

Nun sind jedoch nur die wenigsten Widerstände aus Widerstandsdraht (Konstantan) gewickelt. Schichtwiderstände nach *Bild 32* können je nach Anwendungsfall vielmehr aus folgenden Materialien bestehen, wobei das Widerstandsmaterial oft um den Keramikkörper gewendelt ist:

– Kohlemasse (selten)
– Kohleschicht (häufig)
– Metallschicht } für hochwertige Anwendungen –
– Metalloxid } Meßtechnik

Bleiben wir noch einmal bei Bild 32. Die dort gezeigten Widerstände haben alle den gleichen Ohmwert. Sie unterscheiden sich durch ihre Baugröße lediglich in der Leistung, so z. B. von 0,1 Watt...4 Watt.

Nun sind wir gerade bei den Werten. Hochlastwiderstände – solche, die Temperaturen bis 100 °C erreichen – tragen ihre Bezeichnung „feuerfest" aufgeätzt. Kleinwiderstände hatten früher einen Zahlen-Aufdruck und tragen heute meist Farbringe mit folgendem Code, dessen Anfang immer an dem seitennächsten Ring nach *Bild 33* beginnt:

Farbring	1. Ring	2. Ring	3. Ring (Multiplikator)	4. Ring (Toleranz)
–	–	–	–	± 20 %
silber	–	–	10^{-2}	± 10 %
gold	–	–	10^{-1}	± 5 %
schwarz	–	0	10^{0}	–
braun	1	1	10^{1}	± 1 %
rot	2	2	10^{2}	± 2 %
orange	3	3	10^{3}	–
gelb	4	4	10^{4}	–
grün	5	5	10^{5}	± 0,5 %
blau	6	6	10^{6}	± 0,25 %
violett	7	7	10^{7}	± 0,1 %
grau	8	8	10^{8}	–
weiß	9	9	10^{9}	–

Widerstandswerte sind nach den E-Reihen standardisiert. Es gibt Reihen mit folgenden Abstufungen in der Toleranz:

E 3	± 40 %	E 24	± 5 %	E 192 ± 0,5 %
E 6	± 20 %	E 48	± 2 %	
E 12	± 10 %	E 96	± 1 %	

Der Zahlenwert hinter der E gibt an, wieviel Widerstandswerte in einer Dekade (1...10, 10...100 usw.) enthalten sind. Je enger die Toleranz ist, umso enger liegen die Werte beieinander. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die gebräuchlichsten Reihen.

E 24	E 12	E 6
Toleranz ± 5 %	Toleranz ± 10 %	Toleranz ± 20 %
1,0	1,0	1,0
1,1		
1,2	1,2	
1,3		
1,5	1,5	1,5
1,6		
1,8	1,8	
2,0		
2,2	2,2	2,2
2,4		
2,7	2,7	
3,0		
3,3	3,3	3,3
3,6		
3,9	3,9	
4,3		
4,7	4,7	4,7
5,1		
5,6	5,6	
6,2		
6,8	6,8	6,8
7,5		
8,2	8,2	
9,1		

Diese Werte lassen sich durch Multiplikation mit 10 in allen Dekaden finden. Beispiel: Reihe E 12 – 150 Ω, 1,5 kΩ, 15 kΩ usw. Meßwiderstände mit mehreren Farbringen werden fortlaufend gezählt, wenn nicht nach *Bild 34* bereits der Aufdruck – hier z. B. 0,1 % – vorgegeben ist.

(Fortsetzung folgt)

PCM

PCM ist die Abkürzung für Puls-Code-Modulation und gehört somit zur Digitaltechnik. Konventionelle Audio-Systeme kommen ohne weitere Modifikation des Tonsignals aus; sie halten sich an die Analogtechnik. Die Besonderheit bei PCM ist, daß die Audio-Signale periodisch abgetastet und als Binär-Code dargestellt werden.

Vorteile digitaler Aufzeichnung

Analog-Tonbandgeräte sind bis heute bemerkenswert verbessert worden, sie weisen aber noch immer eine Vielzahl von Nachteilen auf, wie Verzerrungen und begrenzter Dynamikbereich. Dies resultiert daraus, daß dem Band, dem Kopf und anderen mechanischen Teilen qualitative Begrenzungen anhaften, und es ist eigentlich unmöglich, diese Probleme vollständig zu lösen. Die PCM-Technik vermeidet dagegen die bei Analogaufnahmen auftretenden Qualitätsverluste.

Beim Digital-System wird das Signal in Form eines digitalen Code aufgezeichnet und wiedergegeben. Eine Vielzahl an technischen Verbesserungen erreicht man damit: großer Dynamikbereich, geradliniger Frequenzgang, extrem geringe Verzerrungen, keine Verschlechterung beim Kopieren usw.

Das Prinzip der PCM

Bei der Digitalisierung (*Bild 1*) kommen einige Fachbegriffe häufig vor:
Sampling bezeichnet das Abtasten der Amplitude eines Analogsignales in regelmäßigen Zeitintervallen;
Hold ist die Zeit zwischen zwei Abtastschritten;
Mit *Encoding* wird die Umwandlung quantisierter Amplituden in einen Puls-Code bezeichnet (meistens wird der Binär-Code verwendet). Die *Quantelung* und die *Codierung* werden nebeneinander im Analog-Digital-Umsetzer durchgeführt (A/D-Wandler).

Sampling

Die Sampling-Schaltung dient dazu, das Analogsignal in PAM (Puls-Amplituden-Modulation) mit festgelegten Zeitintervallen umzuwandeln. Diese Intervalle sind bekannt als die Sampling-Intervalle und ihre Umkehrung als die Sampling-Frequenz. Nur Frequenzen, die kleiner als die Hälfte der Sampling-Frequenz sind, können nach der Digitalisierung unverfälscht rückgewonnen werden (Shannon'sche Informationstheorie).

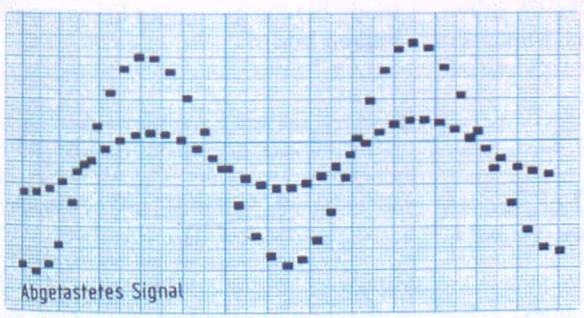
Holding

Die Holding-Schaltung ist normalerweise mit der Sampling-Schaltung verkoppelt, denn dort sind die Grenzen für die Ausführungsgeschwindigkeit des Quantisierens gesetzt.

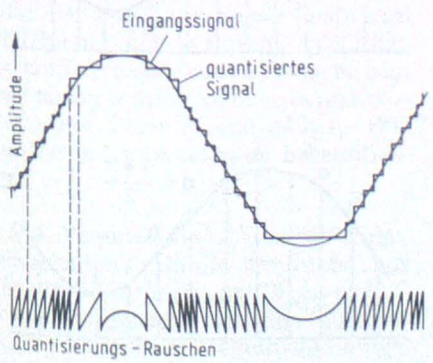
Quantizing

Quantisieren ist ein Prozeß, der während der Holdphase abläuft. Die Amplituden des periodisch abgetasteten und kurzzeitig festgehaltenen Audio-Signals werden in festgelegte Stufen unterteilt.

Je feiner diese Stufen unterteilt sind, desto genauer ist auch der Signalpegel



◀ Bild 1. Digitalisierung eines Analog-Signals



◀ Bild 3. Quantisierungsfehler empfindet man meist als Rauschen, da sie statistisch auftreten

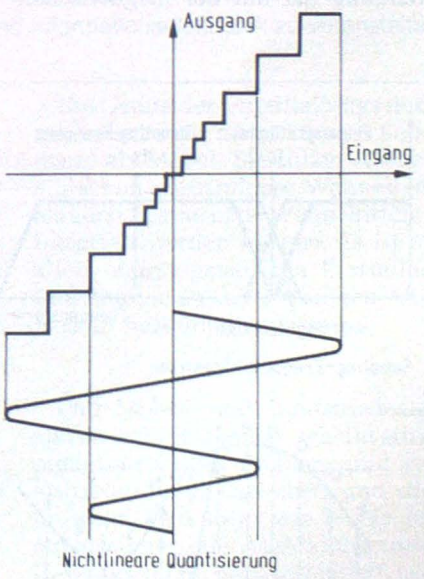


Bild 2. Die nichtlineare Quantisierung ist dem menschlichen Hörempfinden besser angepaßt

an dieser Stelle definiert, um so besser ist das Signal-Rausch-Verhältnis. Wenn die Anzahl der Unterteilungen als „n" angenommen werden darf, dann ist die maximale Anzahl der Stufen 2^n.

In Geräten, die darauf abzielen, Hi-Fi in allerhöchster Form zu erreichen, ist „n" normalerweise 14...16 entsprechend der Tonqualität, der wirtschaftlichen Ausführung und anderer Überlegungen.

Encoding

Das Signal, welches unter Berücksichtigung der Zeit und der Amplitude durch Sampeln und Quantisieren in diskrete Werte umgesetzt wurde, wird weiter verwandelt in codierte Impulse. Normalerweise wird für diesen Zweck der binäre Code verwendet.

Lineare und nichtlineare Quantisierung

Lineare Quantisierung würde innerhalb des gesamten Amplitudenbereichs des Signals die gleiche Quantisierungs-Stufenbreite zeigen. Bei Musik und anderen Signalen, die einen extrem großen Dynamikbereich haben, sollen die Quantisierungs-Stufen bei großen Amplituden größer und bei kleinen Amplituden kleiner sein, um die Summe der zu übertragenden Daten zu verringern (*Bild 2*). Dies geschieht in Übereinstimmung mit dem menschlichen Hörempfinden, das etwa logarithmisch ist.

Rauschen bei PCM

Der Rauschpegel bei digitaler Aufzeichnung hat mit der magnetischen Eigenschaft des Bandes oder des Kopfes nichts zu tun. Betrachten wir zuerst das Quantisierungs-Rauschen: Quantisierung bringt einen Prozeß mit sich, wobei die Amplituden der getasteten Signale, die noch analog sind, umgesetzt werden in eine Reihe von vorbestimmten diskreten Werten. Hierbei bildet sich zwischen dem Originalsignal und dem Digitalwert ein kleiner Fehler (*Bild 3*). Solche Fehler werden als Rauschen gehört und daher als Quantisierungs-Rauschen bezeichnet. Das Signal-Rausch-Verhältnis des PCM-Systems ist hauptsächlich durch dieses Rauschen festgelegt. Je feiner die Quantisierung ausgeführt wird, desto geringer ist das Rauschen.

Nun zum *Aliasing*-Rauschen: Das Quantisierungs-Theorem von Shannon besagt: Wenn die Eingangsfrequenz kleiner als die Hälfte der Sampling-Frequenz ist, kann das quantisierte Signal wieder in seine Ursprungsform gebracht werden. Vor dem Sample-and Hold-Kreis ist ein Tiefpaßfilter eingebaut, um die unnötigen höheren Frequenzen abzutrennen. Das sogenannte Aliasing-Rauschen entsteht, wenn die obere Grenzfrequenz des Filters zu hoch ist (*Bild 4*).

Code-Fehler

Durch Staubablagerung und Bandabrieb werden bei Magnetbändern Dropouts produziert. Bei der Analogtechnik würde der Effekt eines Dropouts lediglich zu einer kurzen Signallücke führen und den Zuhörer kaum stören. Bei PCM werden jedoch die Dropouts in der Form von irritierendem Pulsgeräusch gehört.

Fehlererkennung

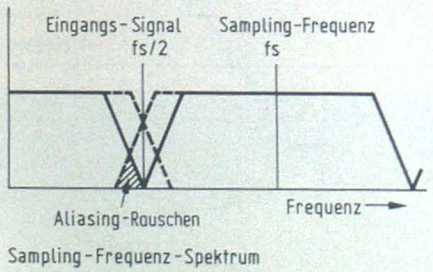
Bekannte Verfahren für die Erkennung von Fehlern sind das Parity-Bit (Parität = Prüfsumme) und die CRC-Methode (Cyclic Redundancy Check, zyklische Redundanz-Kontrolle). In beiden Fällen werden zusätzliche Prüfbits zu den Datenbits addiert, und bei der Wiedergabe kann mit dieser „Redundanz" ein Fehler erkannt werden.

Parity-Methode

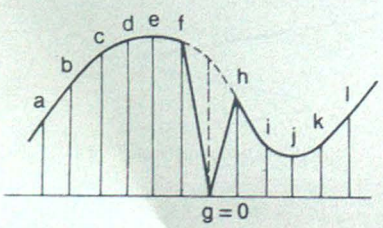
Ein Einzelbit wird als 1-bit-Prüfsumme während der Aufnahme zu einem Datenwort hinzugefügt. Ergibt sich bei der Prüfsummen-Errechnung des Wiedergabesignals ein anderes Parity-Bit, so trat ein Fehler auf. Treten aber zwei Fehler kurz hintereinander in einem Datenwort auf, so werden sie nicht erkannt, so daß dieses System für eine befriedigende Fehlererkennung nicht ausreicht.

CRC-Methode

Während bei der Parity-Methode nur 1 bit Verwendung findet, werden bei CRC mehrere Prüfbits übertragen. Wird die Anzahl der Bits mit n angegeben, so ist die Erkennungswahrscheinlichkeit $1 - 2^{-n}$. Bei dem Gerät PCM-1600 (Sony) hat n den Wert 16. Die Erkennungswahrscheinlichkeit für einen Fehler liegt somit bei 99,9985 %. Dies zeigt, daß die CRC-Fehlererkennungs-Methode bereits genügend Erkennungsfähigkeit besitzt.



◄ Bild 4. Durch die zyklische Abtastung entstehen zusätzliche Spektralanteile, die mit Filtern ausgeblendet werden müssen



◄ Bild 5. Bei Drop-Outs hier bei g die Spannung Null einzufügen (g = 0), führt zu einem ziemlich großen und hörbaren Fehler

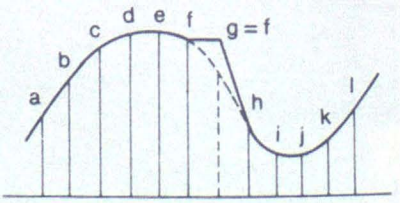


Bild 6. ►
Eine Alternative ist es, den vorher abgetasteten Wert während des Drop-Outs beizubehalten (g = f)

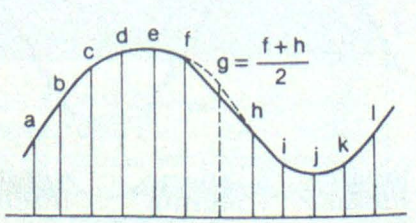


Bild 7. ►
Die lineare Interpolation liefert die beste Drop-Out-Kompensation (g = [f + h]/2)

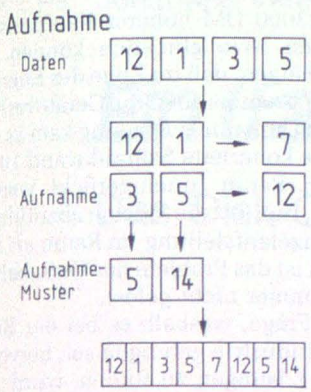


Bild 8. Gewinnung der Kreuzparität

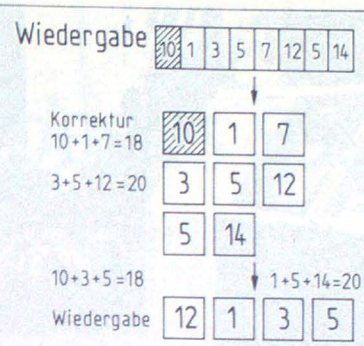


Bild 9. Man erkennt, daß das dunkel gezeichnete Wort falsch ist. Die Überprüfung ergibt, daß die Zahl 10 den Wert 2 „verloren" hat, der nun wieder hinzuaddiert werden muß – und das richtige Wort ist gefunden

Fehlerbeseitigung

Diese Technik hat die Aufgabe, Auswirkungen der bereits erkannten Code-Fehler auf die Wiedergabequalität zu vermeiden. Drei Methoden seien hier beschrieben.

Stummschaltung

Das fehlerhafte Wort wird stummgeschaltet (durch Null ersetzt, *Bild 5*).

Vorspeicher-Haltefunktion

Wird ein Wort-Fehler entdeckt, dann wird das falsche Wort durch das vorhergehende ersetzt, so daß fast kein hörbarer Unterschied entsteht (*Bild 6*).

Linear-Interpolation

Bei Wortfehlererkennung wird das fehlerhafte Wort durch den Durchschnittswert des vorhergehenden und darauffolgenden Wortes ersetzt. Der Fehler wird so gut kompensiert, daß keine hörbare Differenz erkennbar ist (*Bild 7*).

Fehlerkorrektur-Code

Ein Fehlerkorrektur-Code erkennt nicht nur den Code-Fehler, sondern korrigiert ihn auch perfekt. Diese Art von Code ist sehr komplex. In *Bild 8* und *9* ist eine vereinfachte Darstellung der derzeit üblicherweise verwendeten Kreuzparität wiedergegeben.

(Nach Unterlagen der Sony Corp.)

Stichworte zum Inhalt

Puls-Code-Modulation, Parity-Bit, Kreuzparität, Sampling, Holding, Quantisierung, Codierung, Rauschen, Drop-Out, CRC, Fehlerkorrektur, Puls-Amplituden-Modulation (PAM).

Kann Elektronik wohnlich sein?

Hi-Fi, Video und TV auf der Internationalen Möbelmesse Köln 1980

Daß auf der größten Möbelschau der Welt mit 1500 Ausstellern aus 37 Ländern die Unterhaltungs- und Informationselektronik nicht unerwähnt bleiben darf, nahm der Verband der Deutschen Möbelindustrie in Zusammenarbeit mit dem Fachverband der Rundfunk- und Fernsehgehäuseindustrie zum Anlaß, ein Kolloquium über eine wohnlichere Gestaltung der Unterhaltungs- und Informationselektronik zu veranstalten.

Im Einleitungsreferat des Präsidenten des Verbandes der Deutschen Möbelindustrie, Dr. Thome, kam deutlich zum Ausdruck, daß auf Möbelmessen leider viel zu wenig von Fernsehen und Musik, auf Funkausstellungen zu wenig von Gehäusegestaltung gesprochen wird. Daß das Fernsehgerät heute zum Mittelpunkt der Wohnung geworden ist, muß als feststehende Tatsache hingenommen werden (oder etwa nicht?) – und schon beginnt eine lebhafte Diskussion mit interessanten Erkenntnissen.

Die „Vergewaltigung unserer Wohnlandschaften" durch Produkte aus Fernost mit ihrer eigenwilligen technischen Formgebung ist den europäischen Herstellern regelrecht aufgezwungen worden. Den Start in die Marktlücke wohnlicher Geräte hat man verschlafen, und da der eingeführte technische Look (geringes Gewicht und Volumen, niedrige Gehäusefertigungskosten) anfänglich regelrecht Mode war, schloß man sich auch bei uns diesem Trend an. Ein technisches Gerät kann sein technisches Aussehen nicht verbergen – woran sich viele Käufer auch nicht stoßen. Daß die Geräte oft den Profi-Look eines Tonstudios haben, ist manchem für Repräsentations- und Spielzwecke nur recht: Je mehr Knöpfe, desto wertvoller ist das Gerät. Selbst Geräte im Mini-Look sind nicht deshalb so klein, damit man sie gut verstecken kann, oh nein – sie bringen dem Käufer das Gefühl, etwas ganz Besonderes zu besitzen (eine nur 1 mm dicke Armbanduhr ist doch wesentlich interessanter als eine 5 mm dicke).

Die Geräte der Unterhaltungselektronik haben eine meist kürzere Lebensdauer als Möbel. Sie sollen sowohl in ein schon vorhandenes Wohnmobiliar als auch in eine neue Wohneinrichtung integriert werden können. Es ist nicht allein damit getan, die Einstellhebel und Knöpfe in der jeweiligen Möbel-Holzart herstellen zu lassen.

Daß Möbel- und Industriedesigner viel zu isoliert arbeiten, scheint ein rein organisatorisches Problem und somit lösbar zu sein. Daß aber, und dieser Einwand kam sogar von einem Industriedesigner, die Ausbildung unserer Designer nicht praxisorientiert genug ausgerichtet ist, d. h. daß bei der Auswahl der Themen zu häufig Ausflüge in höhere Sphären unternommen werden,

Die schräge Form übt eine gewisse Aufforderungswirkung aus und erlaubt eine bequeme Bedienung. Eine Vielzahl von Kombinationsmöglichkeiten ist gegeben (Design: Hans Vetter; Herstellung: Hados)

ließe sich mit etwas Mühe sicherlich vermeiden. Weshalb, fragten sich viele der ca. 200 Teilnehmer nach den Ausführungen eines Teilnehmers an der Podiumsdiskussion, sollte man einem angehenden Designer nicht die Aufgabe stellen können, ein Tonmöbelstück für den Haushalt eines schon älteren Paares zu gestalten? Schon allein das wohl unvermeidbare Gespräch zwischen jung und alt kann doch nur als positiv angesehen und als gutes Training für das Berufsleben gewertet werden. Oft stößt der Designer mit seinen Vorstellungen gegen eine Wand. Kompliziert gestaltete Gehäuse können zwar sehr schön sein, aber auch ebenso teuer in der Herstellung.

Die Koordination Möbeldesigner – Konstrukteur scheint äußerst schwierig zu sein. Der Techniker hat, da er auf Meßmittel zurückgreifen kann, meist mehr konkrete Argumente für seinen Beitrag am Gerät vorzuweisen als der Designer (Künstler), dessen Genialität schwer meßbar ist.

Bekannt ist, daß sich die 35...45jährigen durch ihre Kaufunlust wesentlich von den restlichen potenten Käuferschichten abheben.

Weiter wurde auch die Meinung vertreten, daß sich die Frage zur besseren Gehäusegestaltung von selbst lösen würde, was bei einigen Teilnehmern mitleidiges Lächeln hervorrief – nicht aber bei allen, denn wenn man die neuesten Ergebnisse der Elektronik in bezug auf die Sprachbefehlseingabe als Basis annimmt, kann man sich sehr gut vorstellen, daß die Hi-Fi-Anlage bald irgendwo in einer Schublade untergebracht und nur noch durch einen Schallempfänger mit der Familie verbunden ist. Ein kleines technisches Problem ist allerdings wohl noch die Sprachanalyse junger Männer in der Stimmbruchphase oder der notorisch Dialektsprechenden.

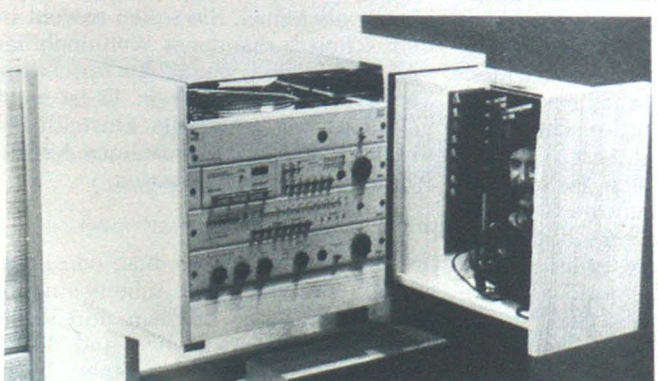
Die Möbelhersteller fordern, daß man sich auf Einheitsmaße festlegen soll. In der Einbautiefe war man bisher an die horizontale Aufstellung des Plattenspielers gebunden gewesen. Ob der Kunde eine Unterbringung seiner Geräte in einer Schrankwand der Möglichkeit einer verteilten Aufstellung im Raum vorzieht, ist nicht ausreichend bekannt. Entscheidet sich der Kunde für die Schrankwandlösung, so ist bei Berücksichtigung der Verkabelung, der Austauschbarkeit der einzelnen Geräte, der Bedienung usw. ein z. Z. 2000...3000 DM höherer Kaufpreis zu erwarten. Wie glücklich können wir uns schätzen, daß im Zuge des Energiesparprogramms auch die Geräteverlustleistung abnahm. Oft genug kam es vor, daß die komplette Schrankwand 10 cm in den Raum hineingerückt werden mußte, nur um die Wärme abzuführen. Bei Einzelaufstellung im Raum als sog. Plastik ist das Problem der Verkabelung noch immer nicht gelöst.

Die Frage, weshalb es bei der Büromöbelindustrie gelungen sei, hervorragende Lösungen zu finden, wurde damit beantwortet, daß in diesen Fällen nicht das Möbelstück, sondern die damit verbundenen Büromaschinen den Preis bestimmen.

Äußerst schwierig ist auch, das Käuferverhalten zu erforschen. Wenn zwei Menschen beschließen, einen gemeinsamen Haushalt zu gründen, so ist heute oft eine Hi-Fi-Anlage schon vorhanden. Dann werden Möbel gekauft, in welche die Geräte einzuplanen sind. Wenige Jahre später aber soll die neue Gerätegeneration in den gleichen Möbeln auch noch formschön untergebracht werden; auf eine Möbelgeneration fallen drei Gerätegenerationen.

Endlich wurde „die" Lösung gefunden: Möbel- und Elektronik-Hersteller gründen einen Gesprächskreis. (Hat er bei der Gestaltung der Küche Erfolg gehabt, so wird er auch hier wenigstens nicht fehl am Platz sein...)

Während das Interesse am Kolloquium sehr groß war, muß das Ergebnis eines Designer-Wettbewerbs zu diesem Thema als äußerst dürftig angesehen werden. Arbeiten, die zu diesem Thema im Rahmen eines Pilotprojekts der Akademie für Bildende Künste in Stuttgart eingebracht wurden, waren fast ausschließlich auf Minikomponenten zugeschnitten. Au.



Minikomponenten von Schneider, von hausinternen Designern entworfen; hier in Kiefer ausgeführt (andere Holzarten möglich) mit ausziehbarer vertikaler Schublade für Audio-Zubehör

Formschöne TV-Video-Studie. Das Recorderfach ist ausziehbar und bietet auf beiden Seiten des Recorders Platz für die Videokassetten-Ablage. Darunter ist noch ein nützlicher Zwischenboden zu erkennen ▶

Johannes Valentini

Ein (fast) ideales Speichermedium

Das Disk-Operating-System (DOS) des Euro-Apple

Nun sind auch auf dem bundesdeutschen Mikrocomputer-Markt die ersten preisgünstigen Floppy-Stationen für Hobbycomputer erschienen; für uns Anlaß, einen Bericht über praktische Erfahrungen mit „Disk II", dem Floppy-Disk-System des „Euro-Apple" ITT 2020, vorzulegen. Besprochen ist die im Spätjahr 1979 erschienene und gegenüber der Vorläufervariante wesentlich verbesserte Version „3.2".

Für eine Vielzahl von Anwendungen von Rechnern im Hobby-Computer-Bereich ist das Speichervolumen, mit dem moderne Steckenpferd-Rechner heute ausgerüstet sind oder auf das sie sich erweitern lassen, bei weitem ausreichend. Aber es bleiben genügend Anwendungsfälle, in denen sich der Programmierer mehr Möglichkeiten zum Ablegen von Programmen oder Daten wünscht. Ein Funkamateur, der seinem Rechner gern die Buchführung über stattgefundene Funkverbindungen übertragen möchte, wird ebenso schnell an die Grenzen seines Speicherzellen-Vorrates stoßen wie beispielsweise ein Hobby-Elektroniker, der seine Literatur-Fundstellen-Kartei von manuellem Betrieb auf eine schnellere und weniger arbeitsintensive Verfahrensweise umstellen möchte.

Zwar bietet sich in solchen Fällen das Deponieren von Daten auf Band an, aber das mühsame Vor- und Rückspulen von Hand beim Einfügen weiterer Informationen in aufgezeichnete Datenblocks sowie die lange Zugriffszeit – sie kann bei umfangreichen Dateien jedesmal viele Minuten umfassen – das ist nicht jedermanns Geschmack. Für datenintensive Anwendungen empfiehlt sich hier als (fast) ideales Speichermedium die Magnetfolienscheibe „Floppy Disk". Floppy-Station und Disk-Operating-System des Euro-Apple ITT 2020 (Version 3.2) werden hier, zusammen mit den Praxiserfahrungen aus einigen Wochen störungsfreien Betriebs, beschrieben.

Die Betriebssysteme und Hochsprachen-Interpreter üblicher Mikrocomputer können von Haus aus mit der Folienscheibe nicht umgehen; zur Sicherstellung korrekten Datenaustauschs zwischen dem Schreib-Lesekopf der Floppystation und dem Rechner bedarf es eines intelligenten Systems, das von sich aus die Buchführung über die niedergelegten Daten vornimmt, genau „weiß", von welcher der konzentrisch auf der Folienscheibe angeordneten Spuren und aus welchem Sektor innerhalb der betreffenden Spur nun Signale abzuholen sind, das darüberhinaus die Fehlerfreiheit der Aufzeichnung überwacht und schließlich noch die Anweisungen des Benutzers zu interpretieren und auszuführen weiß – das Ganze ist Aufgabe des „Disk Operating Systems", des Disketten-Betriebs-Systems. Zur Realisierung nun sind drei unterschiedliche Verfahren im Gebrauch.

Einmal kann man die Aufgabe der Disketten-Verwaltung einem getrennten Mikrocomputer-System in der Diskettenstation selbst übertragen; der Rechner verkehrt mit diesem Subsystem beispielsweise über den IEC-Bus, wie es die Hobbycomputer der Firma Commodore tun. Zweite Möglichkeit: Das Betriebssystem des betreffenden Rechners selbst wird durch Zusatz-ROMs erweitert; einige amerikanische Produkte, die bisher nicht in nennenswerten Stückzahlen auf den deutschen Markt gelangt sind, verfahren so – hierbei tritt eine erhebliche Zusatzbelastung der CPU auf, was sich in der Verarbeitungsgeschwindigkeit bemerkbar macht. Einen dritten Weg gingen Apple Computer Incorporated und Lizenznehmer, die europäischen ITT-Gesellschaften, die den „ITT 2020" vertreiben: Hier ist das intelligente Subsystem zur Laufwerk- und Kopfsteuerung auf einer kleinen Platine angeordnet, die man auf einem der Steckplätze für Erweiterungskarten im Innern des Euro-Apple einfügt. Die Platine enthält Buffer-Bausteine und einen in LSI-Technik ausgeführten „Controller", ein Steuerbauteil, das bis zu zwei Laufwerke bedienen kann. Von der Platine aus führt ein Flachkabel durch die rückwärtigen Kabelschlitze des Rechners zur Floppy-Station. Über die Flachkabel-Adern werden nicht nur Daten und Steuersignale fortgeleitet, sondern es wird auch die Betriebsspannungsversorgung der Station sichergestellt.

Nach Einschalten des Rechners ist der Controller zunächst inaktiv. Erst, wenn durch Tasteneingabe oder im Verlauf der Abarbeitung eines Programms der Befehl PR – gefolgt vom Zeichen # und der Nummer des Steckplatzes mit der Floppy-Steuer-Platine – ergeht, erst dann erwacht der Controller zum Leben und übernimmt nun vorübergehend das Kommando über das Gesamtsystem. Er startet den Antriebsmotor der Diskettenstation – im folgenden wird zur Vereinfachung allein der Fall einer Ein-Laufwerk-Station betrachtet –, positioniert den Schreib-Lese-Kopf über jenen Teil der Magnetfolie, auf der sich vereinbarungsgemäß die Aufzeichnung des Disketten-Betriebssystem-Programms befindet, und lädt sodann die höchsten zehneinhalb Kilobyte des Apple-Speichers mit dem DOS. Danach gibt der Controller die zwangspassivierte CPU des Rechners wieder frei und veranlaßt den Start des Disketten-Betriebsprogramms, das seinerseits das auf der Diskette unter dem Namen „Hello" abgespeicherte Basic-Programm abfährt; hier wird man üblicherweise die Anzeige der Diskettennummer auf dem Bildschirm und weitere Vermerke vorsehen, von denen man wünscht, daß sie beim Erststart gemeldet werden. Jetzt ist der Apple bereit, DOS-Befehle zu befolgen.

Selbst kurzgefaßte Handbücher über Disk-Operating-Systeme umfassen mehrere Dutzend Seiten, es ist an dieser Stelle natürlich nicht möglich, eine erschöpfende Einführung in den Umgang mit dem DOS des Euro-Apple zu geben; stattdessen soll anhand einiger ausgewählter Beispiele ein Überblick über

die Leistungsfähigkeit des Systems gegeben werden.

Als erster aus der Reihe der Beispiel-Befehle sei hier die Anweisung CATALOG genannt. Sie bewirkt den Ausdruck des Inhaltsverzeichnisses einer Diskette, so wie es auf der Scheibe selbst vom DOS fortgeschrieben wird. An einem Beispiel-Ausdruck (*Bild 1*) wird die Struktur dieses Verzeichnisses sichtbar: Auf den Befehl folgt als Überschrift die Ordnungsnummer der Diskette, die man beim Initialisieren der Scheibe festgelegt hat. Sodann sind die Namen der Aufzeichnungen aufgeführt, denen spezielle Vermerke voranngestellt sind, die hier erläutert werden: Ein Sternchen bedeutet, die Aufzeichnung ist „geschützt", das System „weiß", daß es derart geschützte Aufzeichnungen nicht verändern oder gar löschen darf. Es folgt ein Buchstabe, der die Art der Aufzeichnung charakterisiert: I (für „Integer") bezeichnet ein Programm in Ganzzahl-Basic, P (für „Palsoft") eines im Floating-Point-Basicdialekt des „2020", B (für Binary, „Binär") ist das Kennzeichen für Aufzeichnungen in Maschinensprache (hierbei kann es sich um Daten oder Maschinensprache-Programme handeln) und T (für Text) ist das Kennzeichen von Zeichenketten, die Ziffern, Buchstaben und ASCII-Sonderzeichen wie Begrenzer enthalten dürfen.

Nach Ausdruck des Katalogs kann ein beliebiges Programm geladen werden: Durch den Befehl LOAD, gefolgt vom betreffenden Programmnamen.

```
DISK VOLUME 005
*I 002 HELLO
*I 043 PALSOFT
*P 034 WOBBELPLOTTER
*P 003 TEXT AUSLESEN
*P 004 INT
*B 022 INTEGER
 I 054 TALKER-DEMO
 I 016 TALKER
 I 003 TALKER-PREFIX
 B 003 BTALKER
*I 016 DRAGON MAZE
*P 003 HEX NACH DEZ
*P 003 DEZ NACH HEX
 P 002 ALFABET
*P 004 BLOAD-CHECK
 T 002 PROBETEXT
 P 002 X
 P 003 Y
 P 003 WR
 P 002 NEUBILD
 I 053 STARTREK
 P 002 ASSEMBLER-LINKING
 P 002 PASCAL INSTRUCTIONS
 P 002 SPEICHERANALYSE
 P 003 VIETA-UNTERSUCHUNG
 P 004 INTERPRETER-ERWEITERUNG V. 03. 1
*B 025 FCL
*B 024 FOCAL
 P 003 COPYCHECK1
 P 003 COPYCHECK2
```

Bild 1. Mit „CATALOG" läßt sich der Inhalt einer Floppy-Disk auflisten

Stellt das DOS fest, daß der zum Programm gehörende Interpreter noch nicht verfügbar ist, so wird er automatisch dazugeladen, sofern der Interpreter selbst auf der Diskette aufgezeichnet wurde: Vor dem Laden eines Palsoft-Programms holt sich der Rechner also selbsttätig erst einmal den Interpreter selbst von der Scheibe. Eine Besonderheit gilt für maschinensprachliche Programme: Holt man sie mit dem Befehl BLOAD von der Diskette, so wird das Programm genau dorthin in die Speicher des Rechners geräumt, wo es sich beim Beschreiben der Diskette befand. Folgt dem Kommando jedoch die Angabe einer Startadresse wahlweise in hexadezimaler oder dezimaler Notation, wird das Programm an den angegebenen Ort verschoben. Außer den schlichten Ladebefehlen LOAD und BLOAD gibt es weiter die Anweisung CHAIN (Kette), die zwar ein Integer-Programm lädt, aber zuvor belegte Variable nicht zerstört: Man kann mit ihnen weiterarbeiten und kommt so zu Programmabläufen von theoretisch unbegrenzter Länge. RUN, gefolgt von einem Programm-Namen, veranlaßt Laden und Starten des Programms.

Freilich findet sich in der neuen Disk-II-Version noch immer eine Unart, die bereits in der Vorläufervariante zu einem bisweilen etwas problematischen Verhalten des Disketten-Betriebssystems führte: Ist das Begrüßungsprogramm „HELLO" in Palsoft geschrieben, so fällt der Rechner 2020 nach der Initialisierung durch eine dergestalt eröffnete Diskette in ein ausgesprochen hysterisches Benehmen: Die Aufgabe, in einem Zug das DOS einzulesen, sich den Palsoft-Interpreter von der Diskette zu holen und schließlich noch das Begrüßungsprogramm „HELLO" abzufahren, überfordert den Rechner. Der Lautsprecher klingelt ohne Unterbrechung Alarmsignale, und der Editor des Palsoft-Interpreters druckt ohne Unterlaß Prompting-Zeichen auf den Schirm. Abhilfe ist glücklicherweise leicht möglich: Wenn man mit der Reset-Taste dem verrücktspielenden Interpreter das Kommando über das System entzieht, meldet sich der Monitor des 2020. Mit dem Betriebssystem-Befehl „3D0G" (Maschinenprogramm beginnend mit Hex-Adresse 030D abfahren) wird die Befehlsgewalt an das DOS und an den Basic-Interpreter zurückgegeben, und fortan gibt's keine Betriebsstörungen mehr. Zurück jedoch zur Vorstellung der DOS-Befehle:

Das Gegenstück zu LOAD und BLOAD sind die Befehle SAVE und BSAVE, gefolgt vom Programmnamen und – im Falle von BSAVE – der Startadresse und der in Byte ausgedrückten Länge des zu ladenden Programms.

Soweit zum Deponieren von Programmen – die Hauptanwendung einer Diskettenstation liegt jedoch in der Aufbewahrung von Daten und Texten. Hierbei gilt folgendes Verfahren: Zur Eröffnung einer Daten-Aufzeichnung durch ein Programm veranlaßt man die Aussendung des nicht druckenden Kontrollzeichens D-Control (LLLL LHLL, ASCII-Zeichen mit dem Dezimal-Binäräquivalent 4); dies ist das Signal für den Rechner, den nachfolgenden Druck-Befehl als Steuerkommando für das DOS zu interpretieren. Mit PRINT „OPEN..." wird sodann die Aufzeichnung eröffnet; die Punkte stehen für den Namen der Datei. Durch die anschließende Anweisung „WRITE", wiederum gefolgt vom Dateinamen, werden nun alle PRINT-Befehle im sich anschließenden Programmsegment solange als Eingabebefehle zum Disk-Beschreiben gewertet, bis die Datei durch CLOSE, gefolgt vom Namen, geschlossen wird. Dies war ein Beispiel zur Anlage einer „ungeordneten Datei", in der eine jede Aufzeichnung von 1 bis zu über 200 Zeichen umfassen durfte, die intern durch ein CARRIAGE RETURN voneinander abgesetzt wurden.

Der Zugriff in diese Datei ist nur sequentiell möglich, eine Eingabe muß nach der anderen gelesen werden. Das DOS des Apple erlaubt jedoch auch wahlfreien Zugriff in Dateien, sofern diese geordnet angelegt wurden: Das heißt, jede Einzelaufzeichnung muß aus der gleichen Zahl von Zeichen bestehen und dem Rechner im OPEN-Befehl die Zeichenzahl pro „Record" als weiterer Parameter mitgeteilt werden. Mehr darüber nach der Besprechung des READ-Befehls, der Entsprechung zu WRITE, die hier folgt:

Ebenso wie WRITE veranlaßt, daß Druckausgaben des Rechners auf die Diskette umgeleitet werden, so sind nach READ – gefolgt wiederum vom Dateinamen – alle GET- und INPUT-Anweisungen nicht länger auf das Tastenfeld bezogen, sondern dienen dem Auslesen von der Diskette. Und nun der wahlfreie Zugriff, die besondere Stärke von DISK II: Folgen der READ-Anweisung als Parameter nach dem Dateinamen die Angabe der Ordnungsziffer der Aufzeichnung in der Datei und dann noch einmal die Ordnungsziffer des Einzelzeichens der betreffenden Aufzeichnung, kann man wahlfrei das Auslesen an jeder beliebigen Stelle beginnen lassen. Dies aber bedeutet nichts anderes, als daß jedes beliebige Byte in

Textstrings innerhalb weniger Millisekunden erreichbar ist – der Grund für die außerordentlich hohe Datenverarbeitungsgeschwindigkeit von DISK II.

Hochinteressante Möglichkeiten eröffnet der DOS-Befehl „EXECUTE". Er bewirkt, daß von der Scheibe geholte Texte vom Betriebssystem so gewertet werden, als liefe der Basic-Interpreter in der Betriebsart „Editing–Immediate", in jenem Betriebszustand also, in dem man Programme eingibt, sie verändert oder indem man unmittelbar Weisungen per Tastenfeld erteilt. Mit Hilfe von EXECUTE-Anweisungen vermag ein übergeordnetes „BIG-BOSS"-Programm selbsttätig beliebige Programme auf der Scheibe zu verändern, sie zu löschen, zu kürzen oder zu neuen Programmblöcken zusammenzusetzen. Faszinierend, daß dabei sogar zwischen verschiedenen Sprachen gewechselt werden kann. Ein übergeordnetes Hauptprogramm entnimmt zum Beispiel, selbst im residenten Dialekt INTEGER-BASIC geschrieben, einem Palsoft-Programm Informationen, um sie umzusetzen und dann einen FOCAL-Interpreter zu modifizieren, der anschließend gestartet wird. Hochkomfortabel weiterhin ein RENUMBER-PROGRAM, das zur Version 3.2 von DISK II mitgeliefert wird: Es erlaubt beim Bearbeiten von Palsoft-Programmen die gezielte Neuordnung der Zeilennummern innerhalb nach Wunsch definierter Blöcke mit wählbarem Anfangswert und frei festzulegendem Zeilennummer-Erhöhungswert. Alle zeilennummer-bezogenen Statements wie GOTO, IF...THEN, GOSUB, ON...GOSUB oder ON...GOTO werden selbsttätig fortgeschrieben, wie bei derartigen Renumierungsprogrammen ohnehin üblich, darüber hinaus – und dies ist neu – bleibt jedoch durchaus die Möglichkeit bestehen, für besonders hervorzuhebende Programmsegmente markante Zeilennummern beizubehalten.

Schließlich hat DISK II auch Programmierern, die auf Maschinensprachen-Ebene arbeiten oder in ihre Hochsprachen-Programme Maschinenroutinen einzufügen gedenken, einiges zu bieten: DISK II erlaubt, auf dem Weg über die Benutzung einer bequem zugänglichen Subroutine „RWTS" (Read or Write a Track or Sector, unmittelbares Schreiben auf oder Lesen von einzelnen Spuren oder Sektoren der Diskette) jede Magnetscheibe beliebig zu manipulieren – etwa dann, wenn es gilt, einem selbstgeschneiderten Spezialsprachen-Interpreter mit der Fähigkeit zu versehen, sich seinerseits der Diskette zu bedienen. Lob verdient schließlich noch das (englische) Handbuch zu DOS II: Ein vorzüglich gemachter „Floppy-Lehrgang".

An einem konkreten Programmbeispiel (*Bild 2*) wird nun erläutert, wie praktisch realisiert wird, was oben generell dargestellt wurde. Das Palsoft-Programm DISKTEXT AUSLESEN erlaubt, zu Prüf- und Experimentierzwecken den Inhalt eines jeden beliebigen Text-Records von der Diskette zu holen und auf dem Schirm sichtbar zu machen. In Zeile 30 wird unter dem Namen D-String das nichtdruckende Sonderzeichen zur DOS-Steuerung bereitgestellt, sodann der Name der abzufragenden Datei eingeholt und die Anzahl der darzustellenden Aufzeichnungen (Blocks, Records) erfragt. Die DOS-Kommandos in Zeile 60, in der obigen Übersicht nicht näher besprochen, dienen – wie ihre Entsprechungen in Zeile 230 – der Einschaltung einer speziellen Betriebsart und ihrer späteren Rücknahme: Input, Output und Commands sollen nicht länger über den Schirm laufen. In Zeile 80 wird auf die Datei mit Namen in F-String als Datenquelle umgeschaltet, die in Zeile 100 beginnenden Schleife holt die Zeichen von der Scheibe und druckt sie in Zeile 110 aus. In Zeile 240 wird die eröffnete Datei wieder geschlossen.

Außer den beim Einsatz von Palsoft-Begrüßungsprogrammen beobachteten Unzuverlässigkeiten zeigte DISK II einen weiteren Schönheitsfehler: Enthält eine Zeichenkette gewisse Sonderzeichen, die offenbar als interne Begrenzer dienen, gelingt das Zurücklesen nur mit Hilfe eines Tricks: Beim Schreiben des Strings auf Kassette ist die Kette durch das ASCII-Dezimaläquivalent von Anführungszeichen zu eröffnen und zu begrenzen. Geschieht dies nicht, so kommen nur Bruchstücke zurück und das System meldet „Extra ignored" – so, als habe man bei manueller Eingabe im Verlauf einer INPUT-Operation versehentlich mehr Daten angeboten, als das Programm erwartet: Ein Mangel, der nur beim Auslesen per INPUT erfolgte, nicht jedoch bei der Datenbeschaffung durch GET störend in Erscheinung trat.

Abgesehen von beiden Mängeln, die eher in der Klasse der Schönheitsfehler denn unter schwerwiegenden Systemfehlern einzuordnen sind, arbeiteten Floppy-Station und DOS des Euro-Apple im Verlauf von mehr als 200 Betriebsstunden mit absoluter Zuverlässigkeit, und zwar auch bei der Lösung von Aufgaben mit professionellen Anforderungen wie bei der Bearbeitung von Material eines Statistischen Landesamtes zur Anfertigung von Trendanalysen.

```
]LIST
10  REM DISKTEXT AUSLESEN
20  REM ----------------
30 D$ =  CHR$ (4)
40  INPUT "FILE-NAMEN? ";F$
50  INPUT "ZAHL DER BLOCKS? ";Z
60  PRINT D$"NOMONI,O,C"
80  PRINT D$"READ"F$
100  FOR N = 1 TO Z
110  INPUT A$: PRINT A$
120  NEXT
200  PRINT D$
210  PRINT : PRINT "FORTSETZUNG?
     (J/N)"
220  GET A$: IF A$ = "J" THEN 50
230  PRINT D$"MONI,O,C"
240  PRINT D$"CLOSE"
250  PRINT " +++ BEENDET. "
```

Bild 2. Einfaches Programm zum Auslesen der auf einer Floppy gespeicherten Texte

FUNKSCHAU-Sonderheft:

Programme für Kleincomputer und Taschenrechner

Ein Mitte April erscheinendes FUNKSCHAU-Sonderheft soll Besitzern von programmierbaren Taschenrechnern, Basic-Maschinen und Einplatinen-Computern ein wenig aus der Software-Patsche helfen. Hier einige interessante Beiträge des neuen FUNKSCHAU-Sonderheftes:

Flugvorbereitung – ein Basic-Programm für das Errechnen von Kurs, Spritmenge und anderer Daten bei Überlandflügen; AIM-65-Plotter – ein Beweis, daß ein Thermodrucker mehr kann als nur Buchstaben und Zahlen auszugeben; Lohn- und Einkommensteuerberechnung mit dem HP-67; 6502-Disassembler; 6502-Texteditor; Morsezeichen-Decoder in Basic und in 6502-Maschinensprache; Funkfernschreibprogramm mit AIM-65-Druckerausgabe; Spulenberechnung mit dem TI-59; HP-41 druckt Kalender; TRS-80 macht Musik; Zahlenumwandlung mit dem TI-59; Software-Timing ersetzt Bandzählwerk; Hex-BCD-Umwandlung mit dem Z-80; Basic-Computer als Notenassistent für Lehrer und Schüler; Berechnung von Yagi-Richtantennen in Basic... und vieles andere mehr.

Das Sonderheft wird ab Mitte April in allen guten Buch- und Zeitschriftenhandlungen, in Elektronik-Fachgeschäften oder auch direkt beim Franzis-Verlag für 14.80 DM (plus 1.50 DM Porto) erhältlich sein.

Die „nullte Seite" auf einen Blick

Das ursprünglich auf dem 6502-Mikrocomputer AIM-65 entwickelte Programm in *Bild 1* erstellt eine nützliche Referenzliste, die angibt, wo in einem Programm welche Zero-Page-Zellen benutzt werden. Dies ist besonders nützlich, wenn man vorhandene, u.U. schlecht dokumentierte Software ändern möchte. Dabei ist lediglich noch zu beachten, daß natürlich nur jene Zero-Page-Zellen als benutzt erkannt werden, die wirklich einem Z-Page-Operationscode folgen. Deswegen wertet das Programm z.B. nicht die im Befehl LDA 0023 benutzte Zelle 23 aus, und ebenso nicht jene Zellen, die indiziert mit einem Adressenversatz ungleich Null angesprochen werden. Trotz dieser Einschränkung kann man sich schnell einen Überblick über die Belegung der Zero-Page verschaffen; *Bild 2* zeigt, wie das Programm von Bild 1 eine Z-Page-Referenzliste für sich selbst erstellt.

```
0000 A9 00 85 EC
0004 A2 0A BD BA
0008 00 20 C7 00
000C CA 30 11 E0
0010 03 D0 F3 20
0014 CD 00 85 EB
0018 20 CD 00 85
001C EA 4C 06 00
0020 20 CD 00 85
0024 EE 20 CD 00
0028 85 ED A5 EA
002C 85 EF A5 EB
0030 85 F0 A0 00
0034 A2 07 B1 EF
0038 3D 9F 00 5D
003C A6 00 F0 03
0040 CA D0 F3 BD
0044 AE 00 10 37
0048 A2 03 B1 EF
004C 29 1F 5D B6
0050 00 F0 2A CA
0054 10 F4 A0 01
0058 B1 EF C5 EC
005C D0 1F 20 D0
0060 00 A5 F0 20
0064 CA 00 A5 EF
0068 20 CA 00 20
006C C5 00 A0 00
0070 B1 EF 20 CA
0074 00 20 C5 00
0078 A5 EC 20 CA
007C 00 A9 02 AA
0080 E6 EF D0 02
0084 E6 F0 A5 EF
0088 C5 ED D0 06
008C A5 F0 C5 EE
0090 F0 05 CA D0
0094 EB F0 9B E6
0098 EC F0 02 D0
009C 8D 4C 82 E1
00A0 0C 1F 0D 87
00A4 1F FF 03 0C
00A8 19 08 00 10
00AC 20 03 FF 03
00B0 03 01 01 FF
00B4 03 01 00 02
00B8 09 10 3D 4F
00BC 54 20 3D 4D
00C0 4F 52 46 00
00C4 0D A9 20 4C
00C8 BC E9 4C 46
00CC EA 4C FD E3
00D0 4C F0 E9
```

Bild 1. Dieses 6502-Programm erstellt eine Zero-Page-Referenzliste. Die Startadresse ist 0000

Eine Adaption an andere 6502-Systeme ist hier besonders leicht möglich, da alle Monitor-Unterprogramme indirekt über folgende Adressen angesprungen werden:

00C7 Ausdrucken eines ASCII-Zeichens
00CA Ausdrucken eines Bytes (2 Zeichen)
00CD Eingabe eines Bytes (2 Zeichen)
00D0 Ausgabe von CR/LF
009D Rücksprung zum Monitor

Beim KIM-1 ist daher ab 00C7 zu schreiben: 4C A0 1E 4C 3B 1E 4C 9D 1F 4C 2F 1E. Bei 009D ist 4C 4F 1C einzusetzen. Die Startadresse des Programms ist 0000; der Ausdruck der Referenzliste beinhaltet die Adresse des Operationscodes, der auf die Zero-Page zugreift, den Operationscode selbst und die Z-Page-Adresse. Bei FROM und TO ist – stets vierstellig – der Bereich des zu untersuchenden Programms einzugeben, wobei das Durchsuchen von Tabellen vermieden werden sollte, weil es zu mißverständlichen Ergebnissen führen kann. *Herwig Feichtinger*

```
<G>/
FROM=0000 TO=00A1
001B 85 EA
002A A5 EA
0016 85 EB
002E A5 EB
0002 85 EC
005A C5 EC
0078 A5 EC
0097 E6 EC
0028 85 ED
0088 C5 ED
0023 85 EE
008E C5 EE
002C 85 EF
0036 B1 EF
004A B1 EF
0058 B1 EF
0066 A5 EF
0070 B1 EF
0080 E6 EF
0086 A5 EF
0030 85 F0
0061 A5 F0
0084 E6 F0
008C A5 F0
<
```

Bild 2. Hier hat das Programm in Bild 1 von sich selbst eine Referenzliste ausgedruckt; von links nach rechts: Referenzadresse, Operationscode, Zero-Page-Adresse. Die Liste ist nicht nach Programmadressen, sondern nach Zero-Page-Zellen geordnet

Hexadezimal-dezimal und zurück – ganz einfach

Die Mikrocomputer AIM-65 und PC-100 gestatten, wenn sie mit Basic-ROMs ausgerüstet sind, die Umwandlung hexadezimaler in dezimale Zahlen und umgekehrt auf höchst einfache Weise. Dabei wird die Tatsache ausgenutzt, daß die Zeilennummern eines Basic-Programmes hexadezimal in Form von zwei Bytes an den Adressen 0214 (L) und 0215 (H) gespeichert werden. Man initialisiert also – wie gewöhnlich – das Basic und schreibt irgendein Mini-Programm, bestehend aus einem Befehl, mit einer dezimalen Zeilennummer (1...65535), zum Beispiel 489 PRINT (Return).

Verläßt man mit der Escape-Taste jetzt Basic, so kann man durch Drücken von M 214 (Return) die hexadezimale Zeilennummer sehen: 0214 E9 01. Dezimal 489 ist also hexadezimal 01E9. Umgekehrt kann man jetzt an diese beiden Adressen eine andere Hexzahl schreiben – nicht vergessen: das niederwertige Byte zuerst – und mit Taste 6 in das Basic zurückgehen. Der LIST-Befehl macht jetzt die dezimale Zeilennummer sichtbar, die der eingegebenen Hex-Zahl entspricht.

Ein im Speicher stehendes Basic-Programm wird nicht zerstört; man sollte lediglich nach solchen Spielereien an die Adressen 214 und 215 wieder das schreiben, was ursprünglich darin stand, und nie versuchen, mit Taste 5 in das Basic zurückzugelangen, da sonst das Basic-Programm verloren ist. Übrigens wäre es verwunderlich, wenn das bei anderen Computern nicht funktionieren würde; bei einem KIM-System mit Tiny Basic wurde es mit Erfolg bereits auch ausprobiert. Fe.

Ing. (grad.) Gerhard Bartels

MZ-80 K – ein Computer aus Japan

Nach vielen anderen hat jetzt auch Sharp einen Personal-Computer auf den Markt gebracht: den MZ-80K. Er ist eine komplette Einheit, bestehend aus Tastatur, Monitor und Kassettenrecorder. CPU ist die bewährte Z-80.

Standardmäßig ist der MZ-80K mit 20 KByte-RAM ausgestattet und bis 48 KByte ausbaufähig. Als Programmiersprachen stehen Basic und Maschinensprache „beide auf je einer Kassette" zur Verfügung.

Aufbau des Systems

Das Gerät macht optisch einen soliden Eindruck (*Bild*). Als Standfläche benötigt es (B x T) 410 x 470 mm. Die Integration von Monitor und Kassetten-Recorder ist optisch und mechanisch gelungen. Nach dem Lösen von 4 Schrauben läßt sich das gesamte Gehäuse-Oberteil hochklappen und gewährt einen Einblick in den sauberen Aufbau. Sämtliche Einheiten sind leicht zugänglich und über Flachkabel mit der Hauptplatine verbunden.

Im Unterteil befindet sich im rechten Drittel das gekapselte Schalt-Netzteil, während der restliche Platz von der Hauptplatine ausgefüllt wird. Hier sind vorne gut zugänglich die RAM-Sockel angeordnet. Alle wichtigen ICs befinden sich in Steckfassungen.

Die Tastatur

Die Tastatur besteht aus 78 Einzeltasten, die in drei farblich unterschiedliche Bereiche eingeteilt sind: grau für Buchstaben (groß/klein), Ziffern, Zeichen und Grafik-Symbole; blau für Grafik-Symbole; gelb für Editier-Funktionen, die mit dem Cursor ausgeführt werden.

Der größte Teil der Tasten verfügt über eine 3fach-Belegung, so daß 211 verschiedene Zeichen eingegeben werden können (über den POKE-Befehl sogar 252). Die Break-Taste ist über die Shift-Taste verriegelt. Die Beschriftung ist gut leserlich und durch Plastikkappen geschützt. Die Tasten sind groß und leichtgängig. Die Entprellung ist softwaremäßig sehr gut durchgeführt; mit dem POKE-Befehl läßt sich eine akustische Eingabekontrolle einschalten.

Durch den leicht abgeschrägten Einbau ist ein ermüdungsfreies Arbeiten über längere Zeit möglich. Ein Nachteil ist das Fehlen einer Reset-Taste, obwohl die Anschlüsse dafür auf der Hauptplatine vorhanden sind – das hat der MZ-80K mit dem PET-2001 gemeinsam.

Der Monitor

Der Bildschirm hat eine Diagonale von 10 Zoll und ist durch eine Plastikscheibe geschützt. Es lassen sich 25 Zeilen mit je 40 Zeichen darstellen. Die Zeichen werden im 8 x 8 Raster abgebildet. Die 1000 Abbildungsplätze lassen sich auch gezielt mit dem POKE-Befehl ansprechen. Zusätzlich kann man über die Befehle SET und RESET eine 4000-Punkte-Grafik erzeugen.

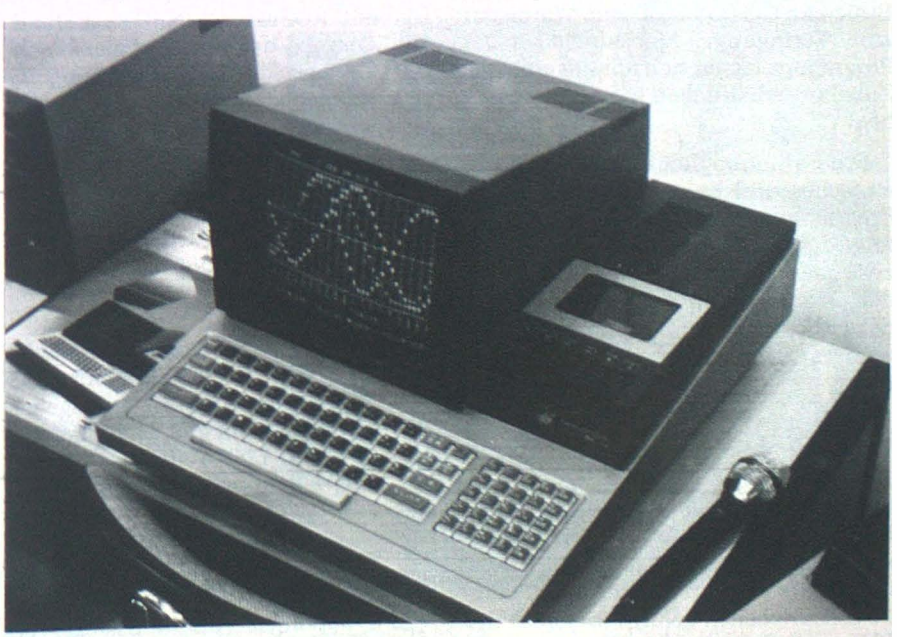
Nach dem Hochklappen des Gehäuse-Oberteils kommt man bequem an die 6 Einstellregler für Lautstärke, Kontrast, Helligkeit, Fokus, Vertikal- und Horizontalsynchronisation heran.

Der Kassettenrecorder

Der eingebaute Kassettenrecorder ist in seiner Aufnahme- und Wiedergabetechnik speziell für die Übertragung von Daten ausgelegt. Ein eingebautes Bandzählwerk gestattet die bequeme Benutzung von C-60-Kassetten. Eine lobenswerte Einrichtung ist der softwaremäßige Stopp des Bandes nach dem Abspeichern oder Einlesen; ähnlich wie beim PET. Der Recorder besitzt auch die für den normalen Gebrauch nötigen Bandlauftasten. Die Übertragungsgeschwindigkeit beträgt 1200 Baud.

Die Hauptplatine

Die Hauptplatine im unteren Teil des Gehäuses ist der eigentliche „Computer". Hier findet man als „Gehirn" die CPU Z-80, sowie die Speicher-RAMs, Video-RAM, Zeichen-ROM, MONITOR-ROM, Ein-Ausgabesteuerung, Zeitgeber und Taktgenerator, alles übersichtlich und sauber aufgebaut.



Der MZ-80 stellt offensichtlich die japanische Antwort auf PET und TRS-80 dar

Tabelle 1: Speicheraufteilung beim MZ-80 K

0000-0FFF	Monitorprogramm-ROM
1000-11FF	Monitor-RAM (reserviert)
1200-5FFF	RAM (Grundversion)
6000-CFFF	RAM-Erweiterung
D000-DFFF	Video-RAM-Bereich
E000-FFFF	Reservierter Bereich

Die CPU Z-80 wird mit einem 2-MHz-Takt betrieben, also nicht gerade besonders schnell! Sämtliche CPU-Anschlüsse sind erst gebuffert, bevor sie weitergeleitet werden. Der Adreßbereich erstreckt sich über 64 KByte und gliedert sich nach *Tabelle 1* auf.

Der Anwender-Speicherbereich ist minimal auf 20 KByte ausgebaut und kann auf maximal 48 KByte erweitert werden (abzüglich des BASIC-Platzes).

Der Zeichengenerator enthält 2 KByte, das Video-RAM 1 KByte. Außerdem befindet sich auf der Platine ein programmierbarer Tongenerator. Das Monitor-Programm hat einen Umfang von 4 KByte.

Die Software

Fest eingebaut in einem ROM steht dem Anwender ein 4 KByte Monitorprogramm zur Verfügung, das die Editier-Befehle und die Cursor-Steuerung beinhaltet. Außerdem hat man nur noch die Befehle LOAD zum Laden von Basic, GOTO$ 1200 zum Neustart von Basic und GOTO$ 1260 zum Warmstart zur Verfügung. Maschinensprache-Programme lassen sich nur mit einer als Zubehör erhältlichen Kassette eingeben!

Die Editiermöglichkeiten lassen ein einfaches und bequemes Ändern von Programmen zu. Mit der CR-Taste erfolgt die Eingabe in den Rechner, und zwar jeweils eine ganze Zeile, wo sich der CURSOR auch immer befindet. Ist der Bildschirm vollgeschrieben, so wird er automatisch nach oben „gerollt".

Das Sharp-Basic

Das Basic von Sharp ist eine Eigenentwicklung. Es konnten bisher keine Fehler des BASIC-Interpreters festgestellt werden. So kennt er auch nicht die in FUNKSCHAU 1980, Heft 2, auf Seite 79 beschriebenen „Null-Probleme" des PET und Euro-Apple (mit Microsoft-Basic). Abweichungen in der 8. Stelle um ± 1 Bei Zahlen ab 512 werden, z. B. bei IF-Abfragen, gerundet.

Das Basic wird nur auf Kassette geliefert, was den Nachteil hat, daß es nach jedem Rechner-Einschalten neu geladen werden muß (Dauer: 1 min. 45 s), zum anderen hat man aber den Bereich für Maschinensprache-Programme zur Verfügung, wenn man nur die Masch.-Spr.-Kassette lädt.

Das Basic ist erstaunlich lang, nämlich fast 14 KByte! Trotzdem steht es in seiner Leistungsfähigkeit nur zwischen PET und TRS-80-Level 2. *Tabelle 2* zeigt den kompletten Befehlssatz. In der Grundausbaustufe stehen dem Anwender immerhin noch 6 KByte zur Verfügung. Eine Besonderheit stellt der MUSIC-Befehl dar. Mit ihm kann man Musik nach Noten programmieren. Als Variablen-Namen sind max. zwei alphanumerische Zeichen zulässig, wovon das erste ein Buchstabe sein muß. String-Variable dürfen max. 255 Zeichen lang sein. Felder sind zweidimensional möglich (max. 256 x 256). File-Namen dürfen max. 16 Zeichen umfassen. Der Zahlen-Bereich erstreckt sich von etwa 0.9E+19 bis 0.2E–19. Bei physikalischen Berechnungen ist also etwas Vorsicht angebracht. Die Ergebnisse werden 8stellig angezeigt und verarbeitet.

Neben Programmen können auch Daten mit oder ohne File-Namen abgespeichert und eingelesen werden. Der Vorgang ist sehr einfach zu handhaben. Das Abspeichern geschieht mit WOPEN,„...."-PRINT/T...-CLOSE, das Einlesen mit ROPEN,„...."-INPUT...-CLOSE. Die Ausgabe der Daten erfolgt blockweise, wobei die Block-Steuerung intern vorgenommen wird. Leider ist diese allerdings sehr sichere Art sehr zeitraubend: WOPEN/ROPEN 14 sec, Block 7,4 sec (5,6 sec Synchr. + 1,8 sec Daten), CLOSE 7 sec, wobei ein Block ca. 256 Bytes lang ist. Übertragungsfehler sind selbst mit Billig-Kassetten nicht aufgetreten.

Eine interne Uhr kann mit TI$ gesetzt und abgefragt werden und mit TM$ kann eine Vergleichszeit vorgegeben werden. Außerdem gibt es die Befehle PRINT/P und LIST/P für die Ausgabe an einen extern anschließbaren Drukker.

Was noch auffiel

Ein 50poliger Anschlußstecker ermöglicht den Anschluß eines Drukkers oder einer inzwischen erhältlichen Interface-Box mit 8-bit-parallel-Port und V-24-Schnittstelle. Da das Basic aber keine IN- und OUT-Befehle kennt, können Ein- und Ausgaben nur in Maschinensprache erfolgen (beim PET kann dies mit PEEK und POKE geschehen, da die I/O-Ports bei ihm „Memory mapped" sind.)

Außer einem Basic-Handbuch in lustiger Aufmachung, aber in deutsch und gut geschrieben, liegt dem Gerät keine weitere Literatur bei: Man kann ja doch nur in Basic programmieren, sagt Sharp! Es ist auch nicht so ohne weiteres möglich, Einsicht in das Basic zu nehmen, es ist geschützt.

Der allgemeine Betrieb mit dem Rechner hat bisher keine Mängel erkennen lassen. Die Wärmeentwicklung bei Dauerbetrieb ist gering. Der einzige Mangel ist, daß ein so großes BASIC nur so wenig kann! Wünschenswert wäre ein „Extended Basic", das auch Befehle wie IN, OUT, RENUMBER und APPEND kennen würde.

Tabelle 2: Basic-Befehlssatz

Befehle
NEW-CLR-RUN-CONT-BYE-SIZE-LIST-LIST/P

Anweisungen
TAB-SPC-DIM-STOP-END-REM-USR-LIMIT-RESTORE-RETURN-DEF FN-READ-DATA-GOTO-GOSUB-ON... GOTO-ON...GOSUB-IF...THEN...-IF... GOTO...IF...GOSUB-FOR... STEP...NEXT-MUSIC-TEMPO-TI$-TM$

Ein-Ausgabe-Befehle
PRINT-PRINT/P-INPUT-GET-PEEK-POKE-SET-RESET

Operations-Symbole
= + –* / ↑

Vergleichsoperatoren
= >= <= <> >< + (ODER) * (UND)

Arithmetische Operatoren
ABS-SGN-INT-SIN-COS-TAN-ATN-SQR-EXP-LOG-LN-RND

String-Funktionen
LEFT$-RIGHT$-MID$-LEN-ASC-CHR$-VAL-STR$

Kassetten-Funktionen
LOAD-SAVE-VERIFY-WOPEN-PRINT/T-ROPEN-INPUT/T-CLOSE

weitere Symbole
? (≷ PRINT) : ; , ... „...." $ π (=63,14...).

Reinhard Wilckens

Video-Anschluß für den AIM-65

Ein Fernsehmonitor als zusätzliches Ausgabegerät für den AIM-65 bietet vor allem beim Arbeiten mit Basic viele Vorteile. Auch beim Programmieren in Maschinensprache lernt man die Vorzüge bald schätzen; insbesondere läßt sich im Step-Modus der Ablauf von Programmen papiersparend verfolgen.

Das im folgenden beschriebene Systemkonzept ergab sich aus folgenden Forderungen:

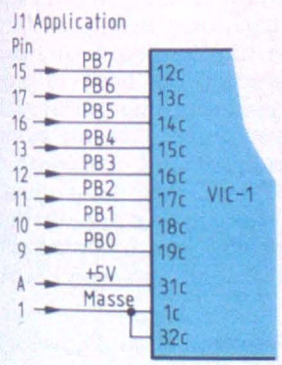
1. Verwendung einer handelsüblichen Video-Interface-Karte
2. Bereitstellung eines universell verwendbaren Unterprogramms zur Zeichenausgabe und Cursor-Positionierung
3. Darstellung sämtlicher AIM-Monitor-, Assembler- und Basic-Funktionen einschließlich der Delete-Funktion, auch im STEP-Betrieb auf dem Bildschirm
4. Keine Beeinflussung maskierbarer Interrupts
5. Wahlweises Zuschalten des TV parallel zu Display und Printer
6. Keine Benutzung von User-RAM für Zwischenspeicher, d.h. Programm vollständig in EPROMs lauffähig
7. Speicherbedarf ≦ 256 Byte

Hardware

Zur Ansteuerung des Fernsehgerätes wurde die Video-Interface-Karte VIC-1 der Firma Eltec (Neubrunnenstr. 10, 6500 Mainz) verwendet, die betriebsfertig für weniger als 230 DM erhältlich ist. Damit ist die Darstellung von 16 Zeilen à 64 Zeichen (Großbuchstaben, Ziffern und Sonderzeichen) möglich. Sie wird gemäß *Bild 1* an den User-Port B angeschlossen.

Eine zusätzliche kleine Schaltung ermöglicht den Betrieb im STEP-Mode und die Benutzung der Delete-Taste (*Bild 2*). Sie puffert gleichzeitig die Adressen für eine eventuelle Systemerweiterung.

Der Schaltungsteil A dekodiert die Adressen xF00 bis xFFF und sperrt in diesem Speicherbereich die Erzeugung von NMI-Signalen für den STEP-Mode. Bei der 4-K-Version des AIM wird die TV-Software zweckmäßigerweise ab 0F00 geladen. Bei der Relokation des



◄ Bild 1. Anschluß der Interface-Karte an den Mikrocomputer AIM-65. Selbstverständlich arbeitet die Schaltung auch mit dem PC-100 von Siemens

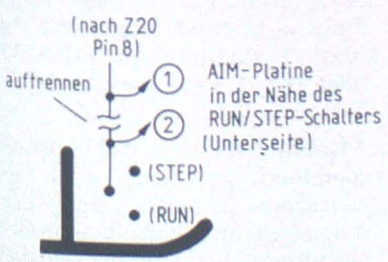


Bild 3. Anschluß des Schaltungsteils A

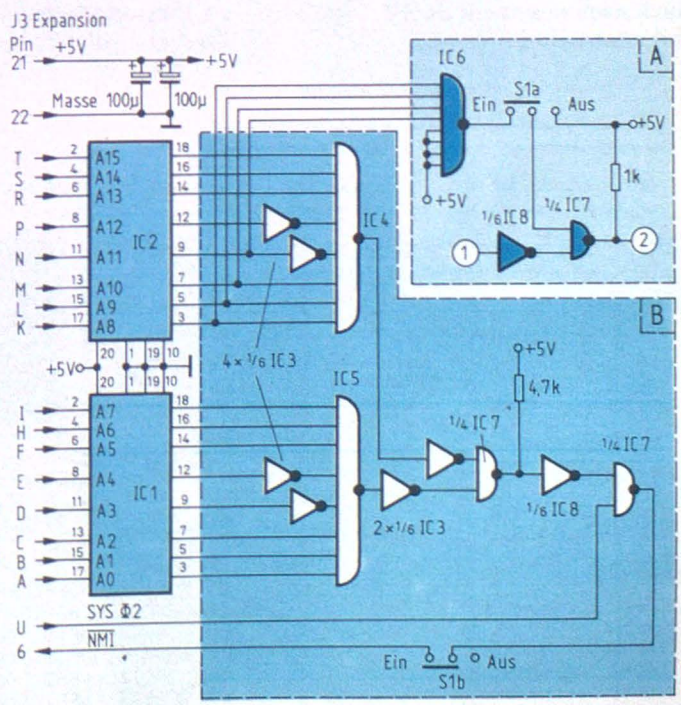


Bild 2. ► Hardware zur Adressenpufferung und -decodierung

IC1, IC2: 74 LS 244 IC3, IC8: 74 LS 04
IC4, IC5, IC6: 74 LS 30 IC7: 74 LS 03 (offener Kollektor)

Programms in eine andere Page muß diese entsprechend geschützt werden. Dafür sind noch Inverter frei. Zum Anschluß dieses Schaltungsteils muß auf der Unterseite der AIM-Platine in der Nähe des Run/Step-Schalters eine Leiterbahn aufgetrennt werden (*Bild 3*).

Das Betriebssystem des AIM ist zwar zum Teil für den Betrieb eines Bildschirms eingerichtet, jedoch wird beim Betätigen der Delete-Taste kein entsprechendes Steuerzeichen ausgegeben. Der Schaltungsteil B dekodiert deshalb die Adresse E7E7, die nach Delete gelesen wird und erzeugt einen nicht maskierbaren Interrupt. Beim Auftreten des NMI prüft die zugehörige Software dessen Ursprung und löscht ein Zeichen oder verzweigt zu den Monitorfunktionen für den STEP-Betrieb. Durch Verwendung des NMI bleiben alle IRQ-Möglichkeiten voll erhalten. Mit dem Schalter S1 kann der normale Betrieb des AIM sichergestellt werden, wenn die TV-Software nicht geladen ist. Die Schaltung findet auf einer ca. 10 x 10 cm^2 großen Lochrasterplatine Platz. Dort kann auch gleich der Datenbus gepuffert werden.

Software

Nach dem Laden des Programms (*Bild 4*) in die Adressen 0F00 bis 0FFF wird durch Start bei 0F00 der Bildschirm initialisiert. Er läßt sich nun (auch nach Reset) mit der F1-Taste ein- und ausschalten.

Vom Benutzerprogramm kann mit Hilfe der Subroutine TVOUT (0F67) ein ASCII-Zeichen im Akkumulator auf dem Bildschirm ausgegeben werden. Sämtliche CPU-Register bleiben dabei unbeeinflußt.

Wird ein anderes Video-Interface als das beschriebene eingesetzt, so kann eine Anpassung dieser Subroutine erforderlich werden.

Um Zeit und Speicherplatz zu sparen, wurde darauf verzichtet, vor jeder Zeichenausgabe die Position des Display-Pointers abzufragen. Wird dieser geändert, ohne ein entsprechendes Zeichen auszugeben, so bleibt die Position des Bildschirmcursors unbeeinflußt. Dies ist im Normalbetrieb belanglos.

Stichworte zum Inhalt

AIM-65, VIC-1, Interrupt, Step-Modus, Delete-Taste

Basic-Erweiterung für AIM-65 und PC-100

Für die praktisch miteinander identischen Mikrocomputer AIM-65 (Rockwell) und PC-100 (Siemens) liefert die Firma GWK in Herzogenrath eine als Kassette oder PROM erhältliche Erweiterung für den Basic-Interpreter. Sie umfaßt einen auch ohne Basic verwendbaren Dezimal/Hexadezimal-Adressenrechner für Addition und Subtraktion in beiden Zahlensystemen (auch gemischt), eine fest gespeicherte ATN-Routine, die beim AIM bisher so vermißten Befehle für das Öffnen und Schließen von Kassettenfiles, einen Befehl für das Neunumerieren eines Basic-Programms in Zehnerschritten (mit Korrektur aller Sprungadressen!), den vom Editor her bekannten Change-Befehl für einfache Programmkorrekturen und den Befehl „Trace", um ein Programm Zeile für Zeile verfolgen zu können. Ferner ist es auch möglich, Stackpointer-Korrekturen auszuführen, z.B. um von einem Unterprogramm zu einer bestimmten Zeile des Hauptprogramms zu springen. Für Maschinensprache-Spezialisten steht jetzt auch SYS zur Verfügung.

Interessant ist vor allem die Methode, wie die Befehlssatz-Erweiterung durchgeführt wurde. Der Interpreter springt nach dem Befehl „END" indirekt über die Zero-Page-Adresse 0000 zum Warmstart des Basic. Alle erweiterten Befehle beginnen daher mit END, gefolgt von einer Zeichenfolge, die im Erweiterungs-PROM decodiert wird und die Ausführung des gewünschten Befehls veranlaßt. An der Adresse 0000 steht deshalb jetzt ein Sprung zum Decodierprogramm im neuen PROM.

Die Werte von Basic-Variablen können außer auf Kassette auch auf andere „Output Devices" (s. AIM-Handbuch) geschrieben werden. Dabei wird eine ähnliche Methode verwendet, wie im „Basic-Texteditor" in FUNKSCHAU 1980, Heft 1, beschrieben wurde.

Erwähnt sei noch, daß es den Herzogenrathern gelungen ist, den Rockwell'schen (eigentlich von Microsoft stammenden) Basic-Interpreter zu „knacken" – das war die Voraussetzung für die Befehlssatz-Erweiterung. Inzwischen ist von GWK sogar ein kommentiertes Listing des AIM-Basic zu haben.

Fe

```
0F00 A2 02 BD 0E   0F60 EF 20 67 0F   0FC0 8D 25 A4 68
0F04 0F 9D 0C 01   0F64 4C 05 EF 48   0FC4 48 C9 E7 F0
0F08 CA 10 F7 4C   0F68 20 9E EB 29   0FC8 11 C9 0F D0
0F0C 1B E1 4C 11   0F6C 7F 8D 00 A0   0FCC 06 AD 25 A4
0F10 0F A9 61 8D   0F70 48 68 09 80   0FD0 4C 97 E2 AD
0F14 06 A4 A9 0F   0F74 8D 00 A0 C9   0FD4 25 A4 48 4C
0F18 8D 07 A4 8D   0F78 8D F0 0C C9   0FD8 82 E0 AD 07
0F1C 03 A4 A9 B8   0F7C 8C F0 1C 20   0FDC A4 C9 EF F0
0F20 8D 02 A4 A9   0F80 AC 0F 20 AC   0FE0 1B AD 15 A4
0F24 FF 8D 02 A0   0F84 EB 68 60 20   0FE4 C9 14 B0 05
0F28 A9 44 8D 0D   0F88 A0 0F A9 0A   0FE8 A9 57 8D 06
0F2C 01 A9 0D 20   0F8C 8D 00 A0 48   0FEC A4 A9 08 20
0F30 67 0F A9 3C   0F90 68 09 80 8D   0FF0 67 0F A9 20
0F34 20 67 0F A9   0F94 00 A0 20 A0   0FF4 20 67 0F A9
0F38 5B 20 67 0F   0F98 0F F0 E7 20   0FF8 08 20 67 0F
0F3C A9 3E 20 67   0F9C A6 0F F0 E2   0FFC 4C 94 E2 EA
0F40 0F 4C FA E6   0FA0 A9 FF A2 07
0F44 20 F1 E6 A9   0FA4 D0 0A A9 FF
0F48 11 8D 0D 01   0FA8 A2 80 D0 04   FUER ANDERE PAGE FOLGENDE
0F4C A9 05 8D 06   0FAC A9 20 A2 01   ZELLEN AENDERN:
0F50 A4 A9 EF 8D   0FB0 A8 88 D0 FD   0F04  0F10  0F17  0F31
0F54 07 A4 60 48   0FB4 CA D0 F9 60   0F36  0F3B  0F40  0F63
0F58 A9 61 8D 06   0FB8 8D 21 A4 68   0F81  0F89  0F98  0F9D
0F5C A4 68 4C 05   0FBC 8D 20 A4 68   0FCA  0FF1  0FF6  0FFB
```

Bild 4. Software für das Interface. Durch den Start bei 0F00 wird der Bildschirm initialisiert

Reinhard Kutzner

Aussteuerungsmeßgerät mit Leuchtdiodenskala

Aussteuerungsmeßgeräte für Tonbandgeräte besitzen meist eine logarithmische Skaleneinteilung im dB-(Dezibel-)Maßstab [1]. Da ein normales Zeigerinstrument eine lineare Anzeigecharakteristik aufweist, muß das Signal entweder auf elektrischem Wege vor der Anzeige logarithmiert werden, oder die Skala wird in einem stark verzerrten Maßstab gezeichnet. Eine Alternative ist eine logarithmische LED-Skala.

Vorbemerkung

Die elektrische Logarithmierung ist aufwendig und teuer, und außerdem sind derartige Schaltungen auch recht temperaturempfindlich. Dazu kommt noch, daß eine Logarithmierung für jeden Kanal gesondert durchgeführt werden muß.

Beim LED-Peakmeter, das in diesem Beitrag vorgestellt wird, genügt eine Steuerschaltung für viele Kanäle. Die abgemagerte Version zum Nachbau ist für zwei Kanäle dimensioniert. Die Funktionsblöcke sind in *Bild 1* dargestellt. Das Konzept ist für maximal 70 Elemente der Anzeige ausgelegt. Die Leuchtdioden werden in Form einer Matrix geschaltet.

70 Anzeige-Elemente

Will man lediglich Übersteuerung anzeigen, so genügt im Prinzip eine einzige Leuchtdiode, die immer dann aufleuchtet, wenn es ohnehin schon viel zu spät für eine Korrektur des Pegels ist. Soll das Meßerät aber zum Beispiel auch dazu verwendet werden, einen Tonkanal zu pegeln oder ein Tonbandgerät einzumessen, so ist eine Anzeige erforderlich, die höchstens ± 0,25 dB Fehler aufweist.

Die Anforderungen liegen bei professionellen Geräten noch höher, aber für den Amateur dürfte dieser Wert sicherlich ausreichend sein. Bei 70 Segmenten kann nun die Pegelzuordnung so eingeteilt werden, daß ein dB auf mehrere Segmente aufgeteilt wird.

Vorteile eines Peakmeters

Das VU-Meter, wie es üblicherweise in Kassettenrecordern und Tonbandgeräten eingebaut wird, ist vom Entwurf her so ausgelegt, daß man daran die Lautstärke des Programms ablesen kann (VU kommt von volume unit = Lautstärke-Einheit). Bei kleinen Pegeln reagiert ein VU-Meter im allgemeinen gar nicht, – und bei lauten Spitzen schwingen die Zeiger wie wildgewordene Dreschflegel hin und her.

Das VU-Meter hat einen Vorteil: es ist billig. Die Nachteile des VU-Meters sind durch elektronische Maßnahmen nicht einfach zu beheben.

Ein Spitzenspannungsmesser zeigt aufgrund seiner hohen Anstiegsgeschwindigkeit auch kurze Impulse unverfälscht an. Durch den langsamen Rücklauf der Anzeige bleibt dem Auge genügend Zeit, um den Wert der Aus-

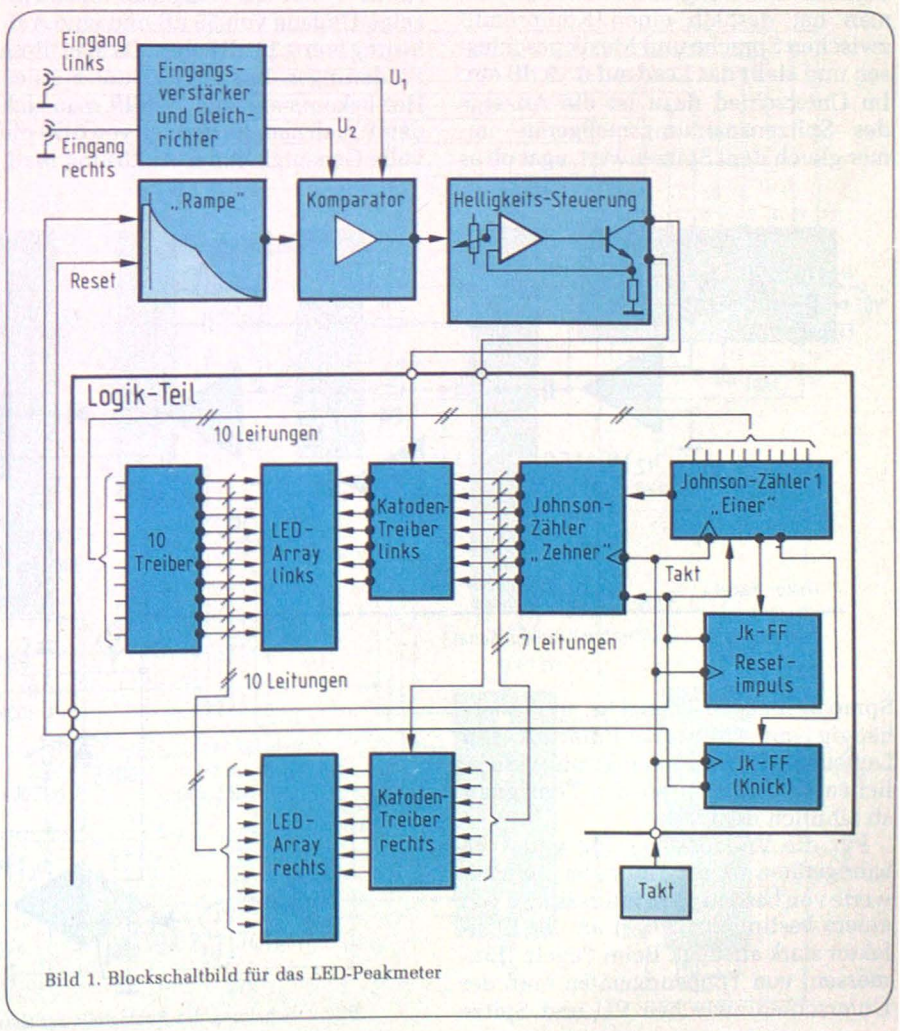


Bild 1. Blockschaltbild für das LED-Peakmeter

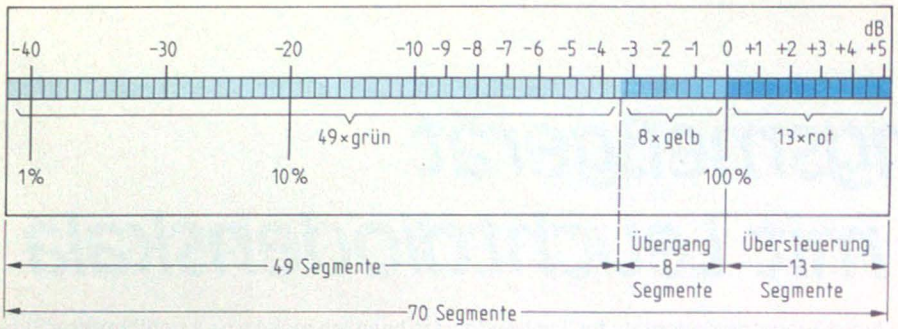


Bild 2. Vorschlag zur Gestaltung der Skala

steuerungspitzen abzulesen. Das VU-Meter zeigt eine Art „Mittelwert der Aussteuerung" an, der von der Trägheit des Zeigers und der Masse der Spule kommt. Da dieser Mittelwert ein paar dB unter den Spitzenwerten des Signals liegt, wird zuwenig angezeigt, man kompensiert dies dadurch, daß man dem VU-Meter einfach einen Vorlauf gibt, das heißt, man macht es einfach ein paar dB empfindlicher.

Dieser Vorlauf wird Lead genannt. Das benötigte Lead hängt stark von der Statistik des Programm-Materials ab, man hat deshalb einen Kompromiß zwischen Sprache und Musik geschlossen und stellt das Lead auf 8...9 dB ein. Im Unterschied dazu ist die Anzeige des Spitzenspannungsmeßgeräts immer gleich dem Spitzenwert, egal ob es Sprache oder Musik anzeigt, und unabhängig vom Lautstärke-Eindruck. Der Lautstärke-Eindruck hängt im wesentlichen vom Mittelwert des Tonsignals ab (ähnlich dem VU).

Für die Vollaussteuerung von Tonbandgeräten ist die Höhe der Spitzenwerte von besonderem Interesse, da von einem bestimmten Pegel an der Klirrfaktor stark ansteigt. Beim Pegeln (Einmessen) von Tonbandgeräten muß der Unterschied zwischen VU und Spitze genau beachtet werden: das VU-Meter zeigt bei ca. −9 dB unter der Vollaussteuerung Null an! Der Pegel, bei dem das VU-Meter Null anzeigt, wird Operating-Level genannt (im Unterschied zum Peak-Level, der Vollaussteuerung). Im Deutschen gibt es keine so richtig passende Bezeichnung, da im Studio ohnehin nur der Spitzenwert zum Einmessen benutzt wird.

Gestaltung der Skala

Nach den Forderungen der DIN-Norm [1] soll das Peakmeter einen Anzeige-Umfang von 55 dB und eine Auflösung von 0,25 dB haben. Da man diese Forderungen nur schwer unter einen Hut bekommen kann, behilft man sich damit, daß man im Bereich von 0 dB die volle Genauigkeit der Auflösung realisiert. Die restliche Skala quetscht man dann auf Kosten der Genauigkeit zusammen.

Beim LED-Peakmeter ist das genauso, denn pro dB müßte man streng genommen 4 Leuchtdioden anordnen, um die geforderte Genauigkeit zu erhalten, also für die gesamte Skala über 200 Stück. Deshalb wird in der Mitte der Skala der Maßstab umgeschaltet und eine gröbere Stufung von Anzeigeschritten verwendet. *Bild 2* zeigt die Skalen-Gestaltung: Im Bereich von +5 dB bis zu −10 dB werden pro dB 2,5 Punkte angezeigt, im Bereich von −10 dB bis zu −42 dB wird ein Punkt pro dB angezeigt.

Diese Verhältnisse können nach Belieben variiert werden. Die mathematischen Grundlagen zur Berechnung einer eigenen Anzeigecharakteristik findet man in [2] und [3].

Beim LED-Peakmeter richtet sich die Dimensionierung nach der verlangten Genauigkeit. Mit 70 Segmenten wird im interessierenden Bereich, um 0 dB herum, die Anzeige hinreichend genau. Diese 70 Segmente werden im Zeitmultiplex nacheinander getastet, so daß nur durch die Taktfrequenz die Einschwingzeit des Instruments festgelegt wird.

$$t_E = \frac{n}{f_T}$$

n = Anzahl der Segmente
f_T = Taktfrequenz

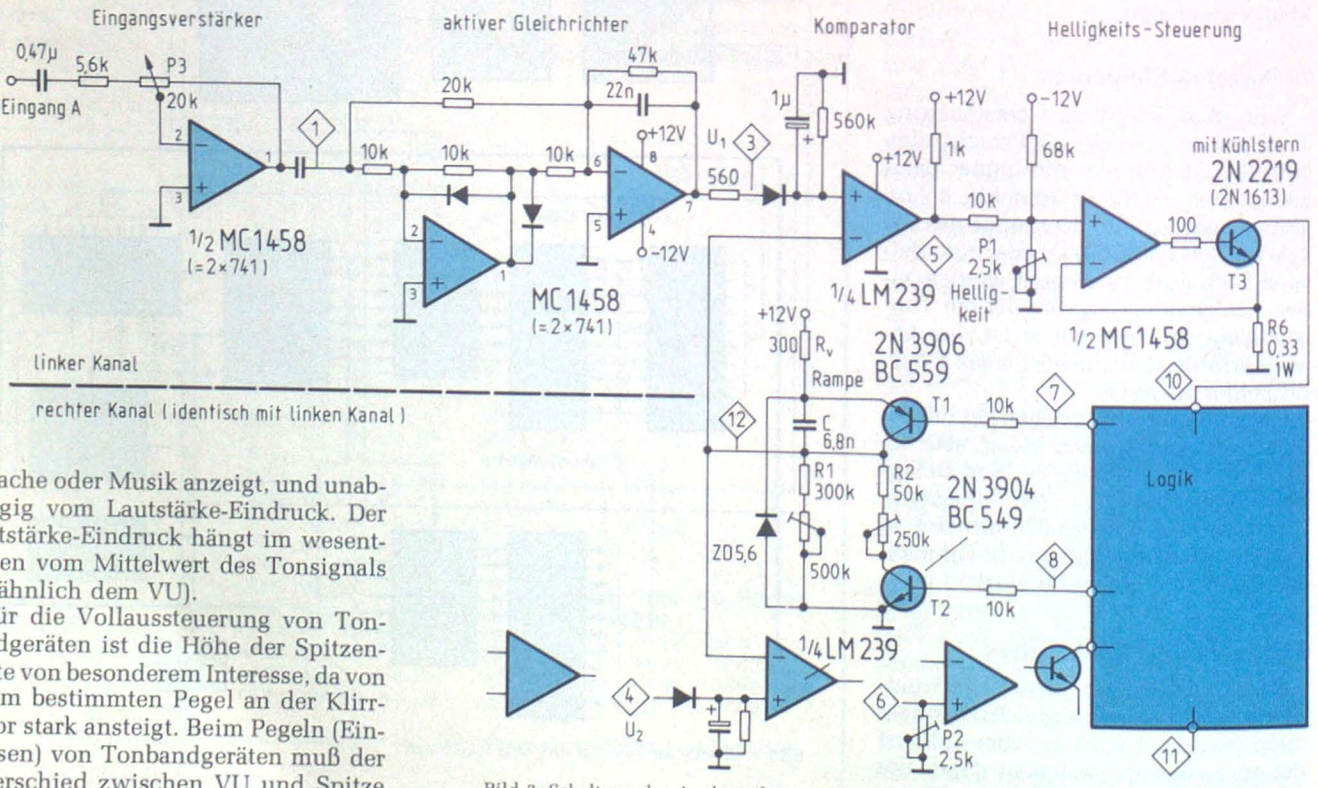


Bild 3. Schaltung des Analogteils zur Gewinnung der Rampenspannung

Bei 70 Segmenten und einer Taktfrequenz von 7,0 kHz kommt man auf eine Einschwingzeit von 10 ms.

Die Rampenfunktion

Die Bauelemente zur Bestimmung der logarithmischen Kennlinie des Systems sind: 1 C, 3 R, 2 Transistoren, 1 Zenerdiode. *Bild 3* zeigt den Analogteil der Schaltung für die Rampenfunktion. Die Rampe läuft während 70 Taktintervallen von 5,6 V Anfangs-Wert auf einen durch R1 und R2 beeinflußbaren Wert herunter. Nach 70 Taktintervallen erfolgt einen Takt lang Reset durch die Steuerschaltung an Punkt 7: Der Transistor T1 erhält über den Basiswiderstand einen 0-V-Impuls, er wird leitend und entlädt den Kondensator C.

Nach dem Impuls geht der Transistor wieder in den gesperrten Zustand, und der Kondensator C (6,8...10 nF) wird wieder aufgeladen.

Den Spannungsverlauf an Punkt 12 zeigt das Schirmbild-Foto (*Bild 4*), auf dem auch der Reset-Impuls (obere Kurve) zu sehen ist. Die untere Kurve zeigt den Ausgangsimpuls des Komparators LM 239, wenn die Spannung an Punkt 12 (im folgenden „Rampe" genannt) mit einer „Eingangsspannung" verglichen wird. Die Rampe wird an den invertierenden Eingang des Komparators gelegt. Solange U_r größer ist als die Eingangsspannung, bleibt der Komparatorausgang auf Null Volt.

Der Rampenknick

Bei einer beliebigen Taktzahl kann der Rampenknick einprogrammiert werden. Eine entsprechende Kombination von „Zehner"- und „Einer"-Takt wird an den beiden Johnson-Zählern 4017 (*Bild 5*) abgegriffen und durch eine Und-Schaltung verknüpft. Das Ausgangssignal setzt das JK-Flipflop 4027 und schaltet R2 als zusätzlichen „Entladewiderstand" an den Kondensatorder Rampenfunktion (Punkt 8). Wenn nun R2 zugeschaltet wird, ändert sich die Rampenspannung mit einer größeren Geschwindigkeit, und der dB-Maßstab wird damit gröber geteilt.

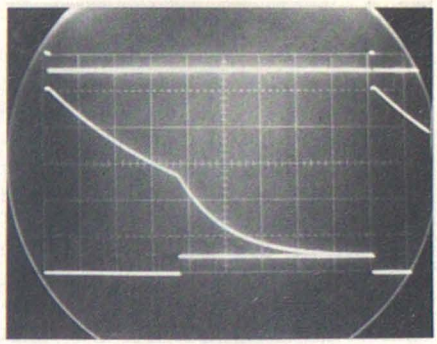


Bild 4. Oszillogramme: Reset-Impuls, Rampe und Komparatorausgang

Der Zähler zählt vorwärts, sein Ausgangssignal muß aber so bewertet werden, als würde er rückwärts, von 70 nach Null zählen. Dabei gilt die Festlegung daß die LEDs so angeordnet sind, daß die höchste Segmentzahl dem höchsten Pegel entspricht. Während die Zähltakte von 70 nach Null laufen, wandert das Anzeigesegment von rechts nach links, von +5 dB nach −40 dB.

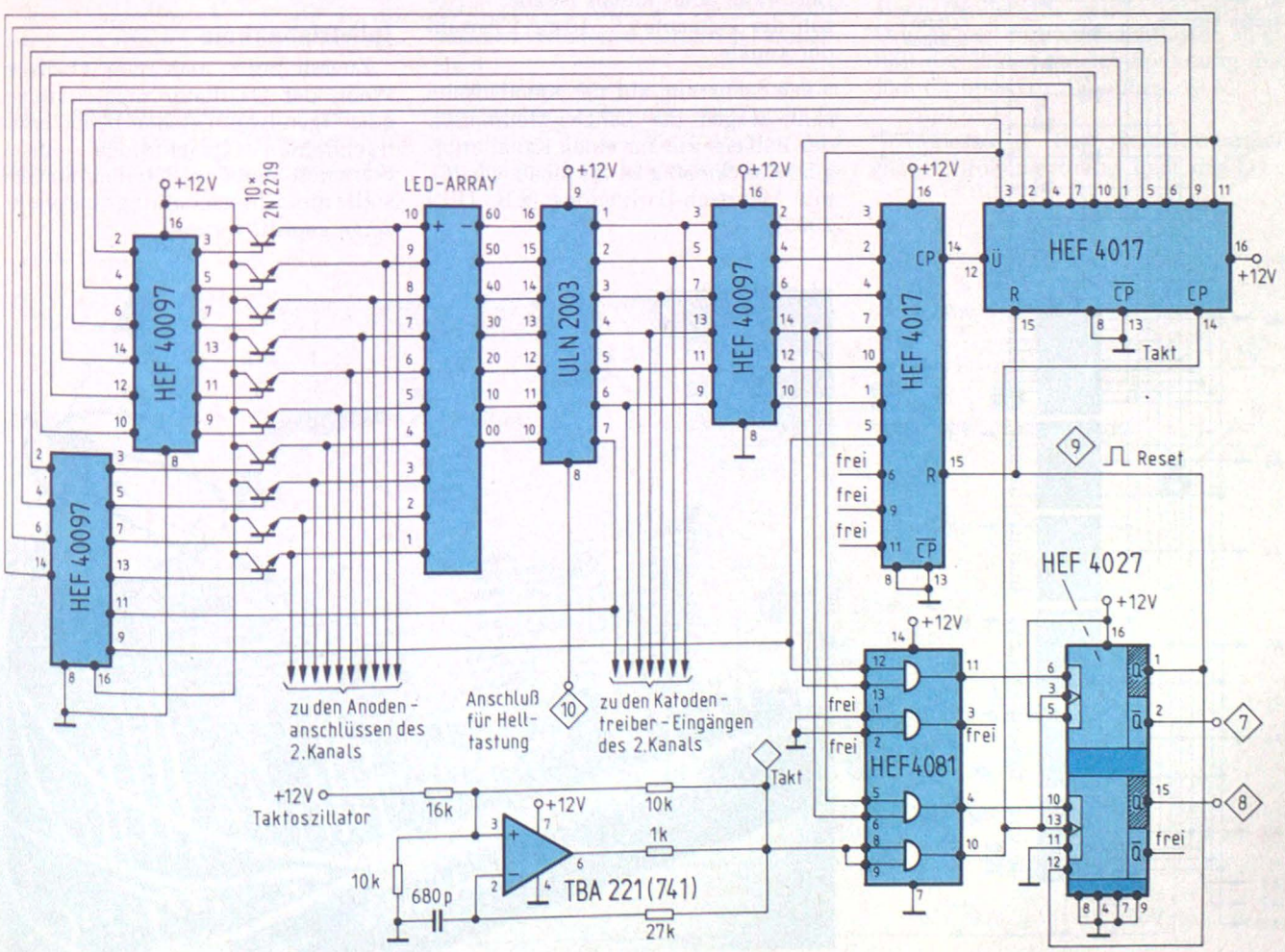


Bild 5. Schaltbild des Logikteils

Steuerung der Balkenlänge und Regelung der Helligkeit

Der Komparatorausgang (Punkt 5) steuert eine Stromregelschaltung, die den Emitterstrom der Katoden-Treibertransistoren in Abhängigkeit von dem vorgegebenen Sollwert regelt. Solange der Komparatorausgang auf +12 V liegt, fließt ein Strom durch die Leuchtdiode, der zu der eingestellten Spannung am +-Eingang des Operationsverstärkers proportional ist: dazu mißt der Widerstand R6 den Strom, der Spannungsabfall wird auf den invertierenden Eingang des OPs gegeben, der die Differenz zum +-Eingang ausregelt.

Der Komparatorausgang wird beim Takt Null automatisch zurückgesetzt, weil die Rampe dann mit Sicherheit größer als das Eingangssignal ist (Ausnahme: wenn das Gerät total übersteuert ist).

Der Strommeßwiderstand R6 darf nicht zu groß sein, damit der Spannungsabfall und damit auch die Verlustleistung in Grenzen bleibt. Eine Spannung von 0,2 Volt reicht als Eingangssignal für den Operationsverstärker vollkommen aus.

Mit dem Potentiometer P_1 (P_2) kann die Stromstärke und damit die Helligkeit der Anzeige eingestellt werden.

R1 hat Einfluß auf beide Teile der Rampe. Deshalb ist zuerst R1 so abzugleichen, daß von dem Bezugspunkt „Vollaussteuerung" (+5 dB) ausgehend ein Pegelwert von −10 dB oder −20 dB (vor dem Knickpunkt) mit Hilfe von R1 abgeglichen wird. Dann wird ein kleinerer Pegel (unterhalb des Knickpunkts) mit Hilfe von R2 abgeglichen.

LED-Anzeige und Treiber

Während die Rampe abläuft, zählt ein Johnson-Zähler (4017) die Taktimpulse. Seine Ausgänge steuern über die Treiber die „Einer", die Anoden der LED-Matrix an. Die Steuerung der „Einer"-Seite erfolgt für beide Kanäle gemeinsam, man muß nur die Treibertransistoren so auslegen, daß sie auch den maximalen Strom aushalten: im Taktverhältnis von 1:10 müssen sie n-mal den Strom eines Kanals steuern. Der Strom eines Kanals ist aber = Anzahl der Segmente x 5...10 mA x Anzahl der Kanäle.

Die Steuerung auf der Katodenseite kann wegen der Längen-Modulation des Balkens nur für einen Kanal erfolgen. Zweckmäßig ist der Einatz von ICs mit Mehrfach-Darlingtons (z.B. ULN 2003).

LED-Array

Im Innern der Matrix sind jeweils 10 Katoden und 10 Anoden der Leuchtdioden miteinander verbunden (*Bild 6*). Die Anode des ersten Segmentes ist mit den Anoden der Segmente 11, 21, 31... usw. verbunden, nach außen geht für alle gemeinsam ein Anschluß A1. *Bild 7* zeigt den Matrix-Aufbau des Verfassers.

Auf der Katodenseite sehen wir, daß die Katoden der ersten 10 Segmente alle miteinander verbunden sind, dies ist der 00-„Zehner"-Anschluß. Wird nun z.B. der 00-„Zehner"-Anschluß auf Masse gelegt und gleichzeitig an den A5-„Einer"-Anschluß eine positive Spannung über einen Vorwiderstand angeschlossen, so kann nur durch die fünfte Leuchtdiode Strom fließen – das fünfte Segment leuchtet auf.

Jedes beliebige Segment der Matrix wird auf diese Weise angesteuert. Nacheinander werden die „Einer" durch einen „Ringzähler" angesteuert, während die „Zehner" mit $^1/_{10}$ der Taktfrequenz des „Ringzählers" für die Einer angesteuert werden. Das wird durch die beiden HEF 4017 auf sehr einfache Art und Weise gelöst.

Inbetriebnahme

Zuerst prüft man den Oszillator. Wenn der Oszillator nicht schwingt, oder irgendwann stehen bleibt, brennt irgendeine Leuchtdiode durch. Schwingt der Oszillator einwandfrei, sollte die Zählerschaltung *ohne* die Anzeige geprüft werden.

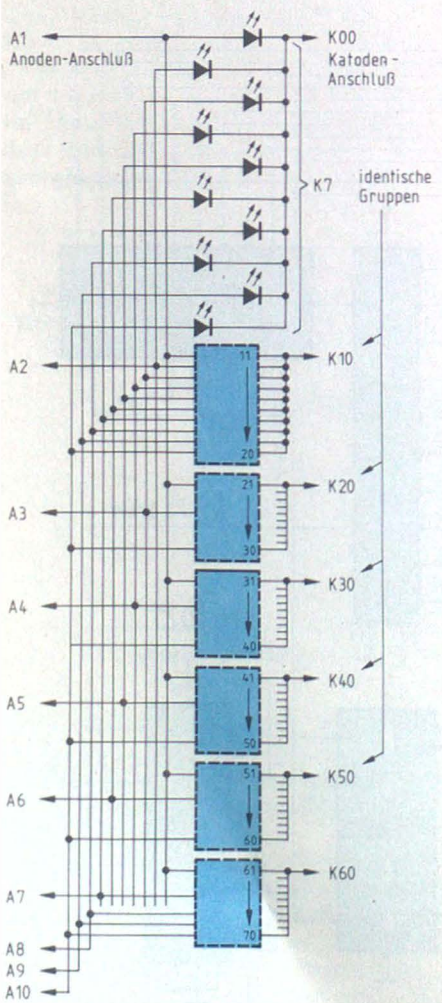


Bild 6. Schaltung des LED-Arrays

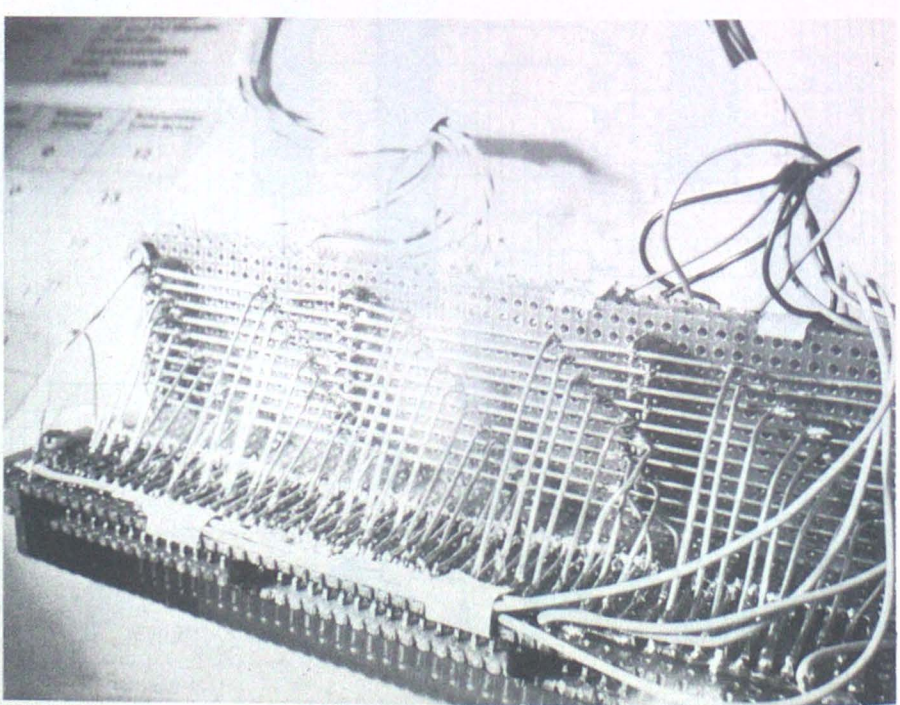


Bild 7. Matrix einer Zeile mit 70 LEDs

Der ordnungsgemäße Ablauf der Rampe und das Schalten des Komparators wird geprüft (siehe Oszillogramm in Bild 4). Dann werden anstelle der Anzeige einige Ersatzwiderstände angeschlossen, damit die Funktion der Helltast-Schaltung geprüft werden kann. Erst wenn dies funktioniert, wird die LED-Matrix angeschlossen. Da es sich um Multiplexsteuerung handelt, kann die Funktion nur mit einem Oszilloskop kontrolliert werden.

Kalibrieren und Messen

Wie mit R1 und R2 der Maßstab der Rampe eingestellt wird, wurde bereits beschrieben. Bevor diese Einstellung vorgenommen werden kann, müssen Vorverstärker und Gleichrichter überprüft und eingestellt werden. An den Eingang des Vorverstärkers wird ein Nf-Signal gelegt, das der maximalen Anzeige (+ 5 dB) entsprechen soll. Dieses Signal kann mit einem Multimeter gemessen werden. Als Meß-Signal soll am Ausgang des Gleichrichters nun die maximale Rampenspannung eingestellt werden: die Spannung der Zehnerdiode = 5,6 V. Alle Segmente leuchten!

Dieses Signal wird nun um 10 dB oder 20 dB abgeschwächt und der Abgleich der Rampe weitergeführt.

Hinweise zum Aufbau

Wegen der Multiplexfrequenz muß die Schaltung in ein abgeschirmtes Gehäuse eingebaut werden. Auch auf ein sauberes Abblocken der Versorgungsspannung ist zu achten, sonst vagabundiert die Multiplexfrequenz in der ganzen Schaltung umher.

Literatur

[1] DIN-Norm 45 406. Beuth-Vertriebs-GmbH, Berlin, Köln.

[2] *Bronstein:* Taschenbuch der Mathematik, Teubner-Verlag, Leipzig.

[3] *Tietze, Ch.; Schenk, Ch.:* Halbleiter-Schaltungstechnik. Springer-Verlag.

Stichworte zum Inhalt

LED-Peakmeter, logarithmische Skala, Rampenknick, LED-Matrix.

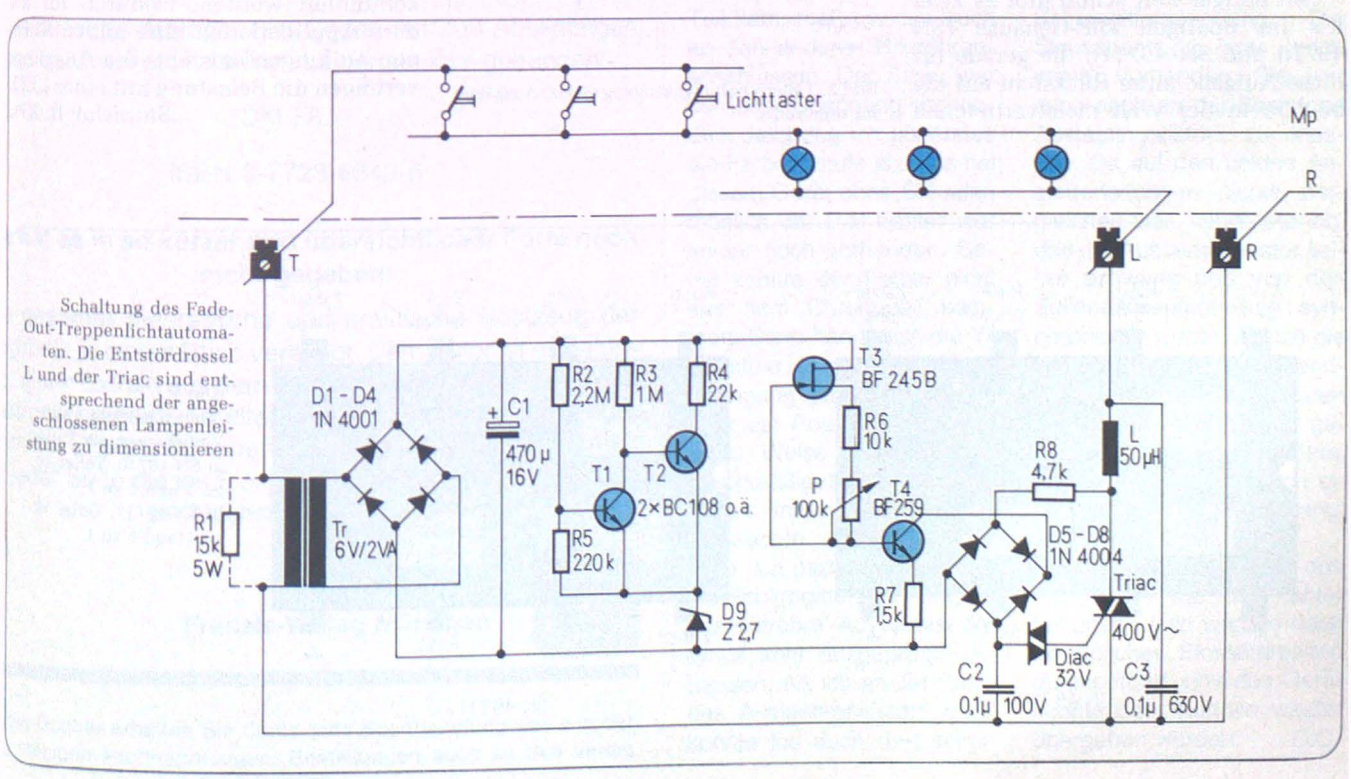
Fade-Out-Treppenlichtautomat

Jeder kennt es: Man geht abends durchs Treppenhaus und plötzlich, just in dem Moment, da man es am wenigsten erwartet, erlischt die Beleuchtung. Das Auge gewöhnt sich nur langsam an die neuen Lichtverhältnisse und nimmt erst nach etwa einer Minute durch Fenster einfallendes Restlicht wahr. Man tastet also nach dem Lichtdrücker oder setzt seinen Weg im Dunkeln fort. Eine alltägliche Situation. Hinzu kommt, daß die wenigsten Treppenlichtautomaten die Möglichkeit der Nachverlängerung bieten. Man kann sie erst wieder auslösen, wenn man schon im Dunkeln steht.

Alle diese Nachteile kennt die hier beschriebene Schaltung (*Bild*) nicht. Ist die eingestellte Zeit abgelaufen, so wird die Beleuchtung langsam (augenscheinend) ausgeblendet. Man hat nun die Möglichkeit, während man noch etwas erkennen kann, den Taster erneut zu drücken. Bei der angegebenen Dimensionierung ist die Hell-Phase von 22 s bis 135 s einstellbar, die Ausblend-Phase beträgt 15 s.

Verwendung findet hier die klassische Dimmer-Schaltung, bei der jedoch das Potentiometer durch eine Graetz-Brücke ersetzt wurde (D5...D8). Der Strom durch die Dioden wird von dem Hochspannungstransistor T4 gesteuert. Drückt man nun den Lichttaster, so erhält der Transformator Spannung und lädt C1 über D1...D4 auf ca. 13 V.

Anmerkung: Bei Transformatoren dieser Größenordnung liegt die Leer-



Schaltung des Fade-Out-Treppenlichtautomaten. Die Entstördrossel L und der Triac sind entsprechend der angeschlossenen Lampenleistung zu dimensionieren

laufspannung bedeutend höher als die Nennspannung. Der Transformator muß ein Sicherheitstransformator nach VDE sein.

Nach dem Öffnen des Tasters entlädt sich C1 anfangs nur über die Konstantstromquelle T3, R6, P in die Basis von Transistor T4, wodurch dieser voll aufsteuert. Die Konstantstromquelle gewährleistet eine sparsame Ausnutzung der in C1 gespeicherten Ladung und somit eine lange Verzögerungszeit. Unterschreitet die Spannung an C1 nun 8 V, so tritt der Schaltungsteil mit T1, T2, D9 und R2...R5 in Kraft. T1 sperrt, T2 leitet und entlädt C1 zügig über R4. Mangels Basisstrom wird T4 nun langsam hochohmig, der Triac wird später getriggert, und die Lampen erhalten weniger Leistung.

Wem die erreichbare Verzögerungszeit zu kurz ist, der kann natürlich die Kapazität des Elkos C1 erhöhen. Dabei ist jedoch zu beachten, daß der kleine Trafo eventuell durch einen größeren zu ersetzen ist.

R1 ist nötig, wenn durch kapazitive Kopplung in den Leitungen oder durch Glimmlampen in den Lichttastern an dem Trafo eine Spannung verbleibt, die ein vollständiges Entladen des Kondensators C1 verhindert.

Den kompaktesten Aufbau erzielt man mit einer Experimentierplatine mit Lötpunktraster. Der Einbau in ein isoliertes Gehäuse ist unumgänglich, denn immerhin ist die Schaltung nicht galvanisch vom Netz getrennt.

Joachim Becela

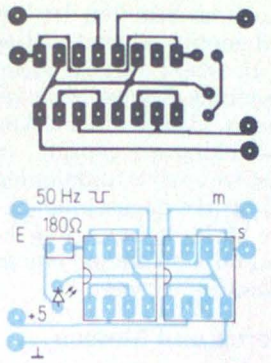


Bild 3. Platine und Bestückungsplan für die Schaltung in Bild 2. Der Widerstand ist stehend einzulöten

Einfache Zeitbasis

Sucht man in der Literatur nach digitalen Uhren und Steuerungen, findet man, daß viele Schaltungen mit Netzfrequenz anstelle von Oszillatoren arbeiten. Diese Netzfrequenz wird dann bis zur gewünschten Grundfrequenz für den Zähler heruntergeteilt. Dies geschieht in den meisten Fällen mit einer Kaskade aus 7490 oder Ähnlichem.

Seit einiger Zeit schon gibt es zwei ICs im 8poligen DIP-Gehäuse (SN 49710 und SN 49711), die gerade für diese Aufgabe unter Rücksicht auf die beiden, in der Welt meistvertretenen Netzsysteme (60 und 50 Hz) konstruiert worden waren. Wie aus *Bild 1* hervorgeht, besitzen diese beiden ICs interne Teiler, die bei entsprechender Verbindung direkt ein Signal von 1 Hz liefern. Da aber 1-s-Impulse manchmal nicht gebraucht, eventuell unterdrückt oder nur signalisiert werden, besteht die Möglichkeit, durch das Nachschalten der zweiten integrierten Schaltung ein Signal von 1 min zur Verfügung zu haben. Eine derartige Zeitbasis (50 Hz – 1 s – 1 min) zeigt die Schaltung in *Bild 2*. Die Anstiegszeit des Rechtecksignals am Eingang darf maximal 50 ns/V betragen. Der Ausgang schaltet während der abfallenden Flanke am Eingang.

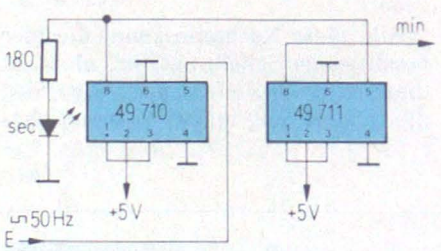
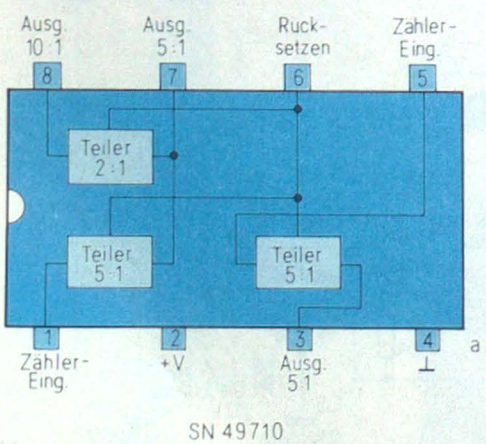


Bild 2. Teilerschaltung: Eingang 50 Hz, Ausgänge für min und s

Bild 3 zeigt einen möglichen Printvorschlag mit Bestückungsplan. Natürlich können beide ICs auch beliebig kombiniert werden, wodurch für andere Applikationen eine ganze Reihe von Teilungen entsteht. Die Ausgänge vertragen die Belastung mit einer LED.

Stanislav R. Kříž



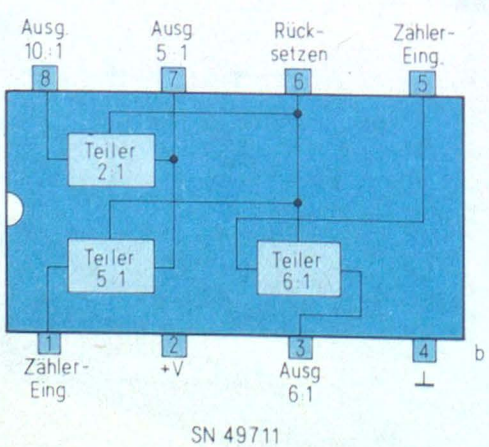


Bild 1. Innenschaltbild und Pinbelegung der Teiler; a) SN 49710, Teiler 10 zu 1 und 5 zu 1; b) SN 49711, Teiler 10 zu 1 und 6 zu 1

Franzis' der große Fachverlag für angewandte Elektronik

Jetzt wieder lieferbar:

Werkbuch Elektronik

Das große Arbeitsbuch mit Entwurfsdaten, Tabellen und Grundschaltungen für alle Bereiche der angewandten und praktischen Elektronik.

Von Ing. Dieter Nührmann

2., verbesserte Auflage. 656 Seiten mit 700 Abbildungen und zahlreichen Tabellen. Leinenstruktur-gebunden.

DM 58.–.

ISBN 3-7723-6542-6

Das hat es in so kurzer und übersichtlicher Form noch nicht gegeben:

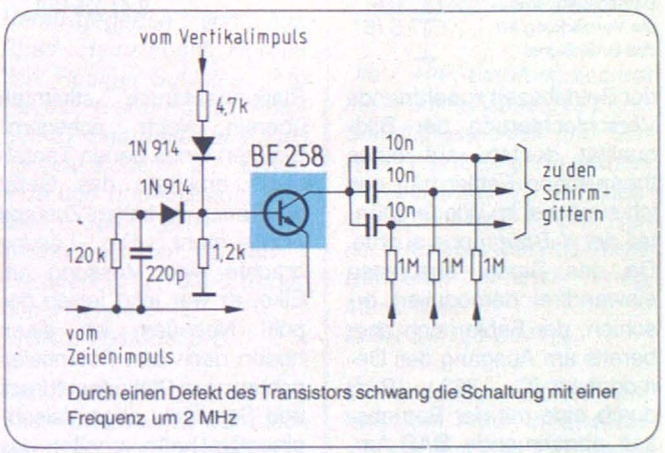
Das gesamte theoretische und praktische Rüstzeug der Elektronik in einem Buch vereinigt. Dem Autor ist es gelungen, einen Extrakt aus dem umfangreichen Wissen über die Elektronik herauszuarbeiten. Dieter Nührmann, beratender Ingenieur Elektronik, kommt aus der Praxis. Das spürt man auf jeder Seite dieses 6 cm dicken Werkbuches, das auch ein Nachschlagewerk ist.

Franzis-Verlag München

Franzis-Bücher erhalten Sie durch jede Buchhandlung sowie in den einschlägigen Fachhandlungen. Bestellungen auch an den Verlag.

Senkrechte Streifen

Ein Farbfernsehgerät zeigte auf dem Bildschirm ca. 1 cm breite senkrechte Hell-Dunkel-Streifen. Um mit den Messungen beginnen zu können, speiste ich zunächst eine Graufläche ein. Mit dem Oszilloskop untersuchte ich nun zunächst die an der Katode der Bildröhre anliegenden Signale. An den Katoden war ein einwandfrei erkennbarer Sinus der Gleichspannung überlagert. Um zu überprüfen, ob der Sinus nur durch die Strahlstromänderung entstand, oder ob der Fehler wirklich aus dem Y-Teil kam, maß ich nun auch an den anderen Bildröhrenanschlüssen. Der Sinus war auf jeder Spannung vorhanden. Jetzt zog ich als erstes die Farbendstufe ab, was bei diesem Gerät ohne Schaden möglich ist. Der Fehler war immer noch vorhanden. Somit konnte der Fehler nicht aus dem Chromateil kommen. Dann hängte ich die Y-Endstufe ab und regelte die Spannung an der Katode über ein Potentiometer. Auf diese Weise hätte ich ein gleichmäßiges Schirmbild erhalten müssen. Aber das senkrechte Streifenmuster blieb. Ich oszillografierte nun die Schirmgitterspannung an der Bildröhre. Auf ihr war der Sinus sehr ausgeprägt vorhanden. Als ich an der Basis des Austasttransistors maß, konnte ich auch dort schon einen Sinus messen. Nun trennte ich (um festzustellen, woher diese Schwingung kam) die beiden Leitungen von der Horizontal- und Vertikalendstufe auf. Dazu lötete ich die Dioden einseitig aus. Als ich das Gerät wieder einschaltete, um weiter messen zu können, hatte sich der Fehler auf dem Schirmbild so geändert, daß die Hell-Dunkelstreifen nicht mehr genau senkrecht verliefen, sondern jetzt auch schräg über das Bild liefen und ihre Lage veränderten. Ich maß nun nochmal mit einem Oszilloskop die Schirmgitterspannung. Die Sinusspannung war noch immer vorhanden. Sie war auch noch an der Basis des Austasttransistors zu messen. Da auf den beiden Ansteuerleitungen nichts dergleichen war, vermutete ich, daß der Austasttransistor selber schwang und von den Zeilenrücklaufimpulsen synchronisiert wurde. Als ich die Leitung von der Zeilenendstufe wieder anlötete, waren die Streifen auch wieder genau senkrecht. Ich vermutete, daß der Transistor durch einen inneren Defekt schwang.



Durch einen Defekt des Transistors schwang die Schaltung mit einer Frequenz um 2 MHz

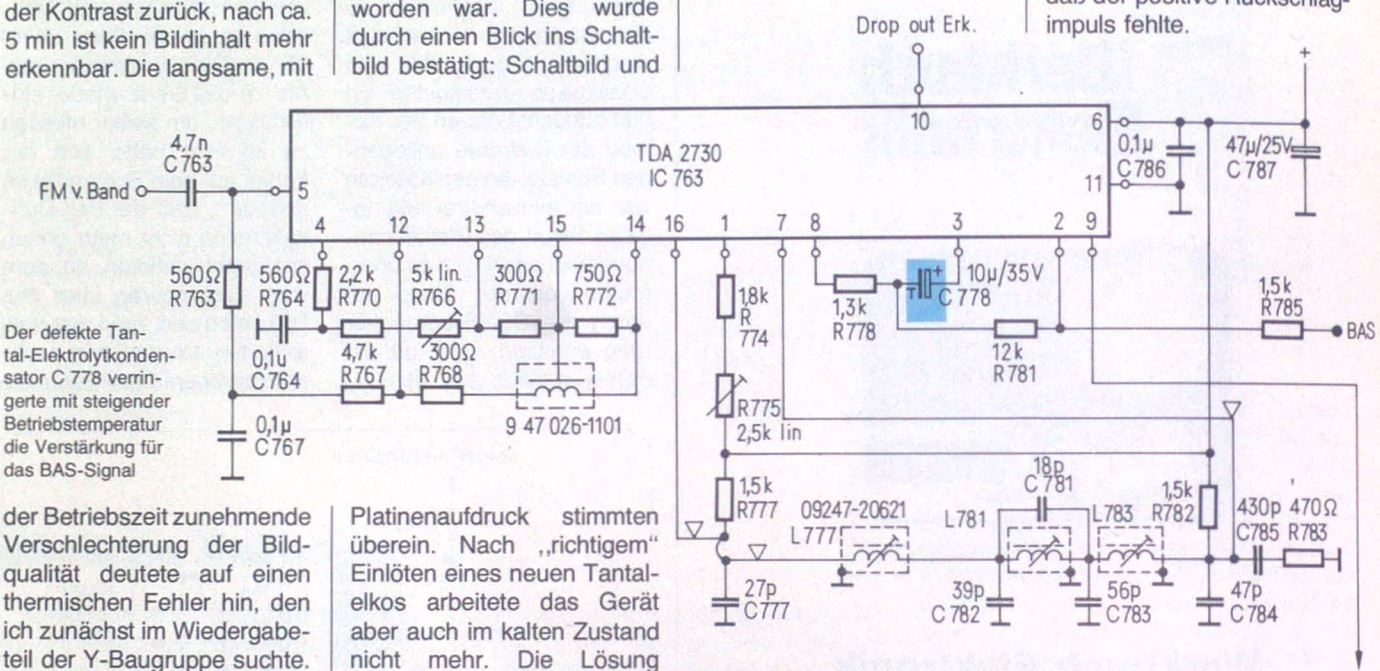
Nach dem Erneuern des Transistors war der Fehler behoben. Jetzt wurden noch die üblichen Einstellarbeiten durchgeführt, und das Gerät konnte dem Kunden wieder übergeben werden. *O.G.*

Kein Bild mehr nach kurzer Betriebszeit

Bei einem Videorecorder lautete die Fehlerbeschreibung: Nach kurzer Betriebszeit geht der Kontrast zurück, nach ca. 5 min ist kein Bildinhalt mehr erkennbar. Die langsame, mit der Betriebszeit zunehmende Verschlechterung der Bildqualität deutete auf einen thermischen Fehler hin, den ich zunächst im Wiedergabeteil der Y-Baugruppe suchte. Da das Signal ansonsten einwandfrei demoduliert erschien, der Fehler sich aber bereits am Ausgang des Demodulator-IC 763 (*Bild*) durch eine mit der Betriebszeit abnehmende BAS-Amplitude bemerkbar machte, konnte der Fehler eigentlich nur an der internen Videoverstärkerstufe dieses IC liegen. Durch gezieltes Ansprühen mit Kältespray konnte ich eine sprunghafte Verbesserung auf eine normale Wiedergabe beobachten. Der Fehler war jedoch nach Auswechseln des Schaltkreises unverändert vorhanden. Ich vermutete, daß ein in der unmittelbaren Umgebung des IC gelegenes fehlerhaftes Bauteil der externen Beschaltung des internen Verstärkers durch Spritzer der Kühlflüssigkeit mitgekühlt wurde und deshalb wieder korrekt arbeitete.

Durch noch gezielteres Ansprühen konnte schnell der Tantalelko C778 als Fehlerursache festgestellt werden. Bei einem Vergleich des Bauteileaufdruckes mit dem Platinenaufdruck stellte ich fest, daß der Elko offensichtlich werksseitig falsch eingelötet worden war. Dies wurde durch einen Blick ins Schaltbild bestätigt: Schaltbild und Platinenaufdruck stimmten überein. Nach „richtigem" Einlöten eines neuen Tantalelkos arbeitete das Gerät aber auch im kalten Zustand nicht mehr. Die Lösung brachte eine Messung am Elko: er war jetzt falsch gepolt! Nachdem ich einen neuen nach den Potentialen richtig, nach Platinenaufdruck und Schaltbild aber „falsch" eingelötet hatte, arbeitete das Gerät wieder einwandfrei.

Christian Jackisch



Der defekte Tantal-Elektrolytkondensator C 778 verringerte mit steigender Betriebstemperatur die Verstärkung für das BAS-Signal

Bild dunkel

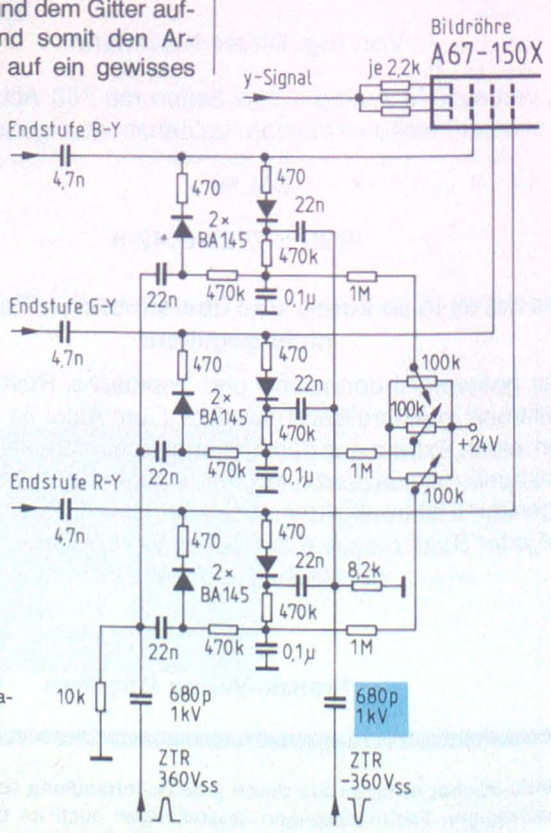
Bei einem Farbfernsehgerät war der Ton einwandfrei zu hören, die Hochspannung war vorhanden, aber der Bildschirm blieb dunkel.

Ich begann meine Fehlersuche mit Spannungsmessungen an der Bildröhre. Dabei konnte ich feststellen, daß ein Arbeitspunktfehler vorlag, da die Gitterspannungen der drei Systeme zu negativ waren. Alle übrigen Spannungen hatten die richtigen Werte.

Ich besah mir die Schaltung näher und vermutete einen Fehler in der Klemmung. Bei dieser FDS-Ansteuerung wurden die Gitter mittels Gegentaktklemmschaltungen auf einem gewissen Gleichspannungspotential gehalten, das den richtigen Arbeitspunkt der Bildröhre bestimmte. Hierzu benötigt man zwei gegenläufige Zeilenaustastimpulse, die während des Zeilenrücklaufs die Klemmdioden durchschalten, sich selbst aufheben und einer bestimmten Gleichspannung ermöglichen, den Koppelkondensator zwischen der Endstufe und dem Gitter aufzuladen und somit den Arbeitspunkt auf ein gewisses Gleichspannungsniveau zu klemmen. Da nun alle drei Gitter zu negativ waren, untersuchte ich die Zeilenaustastimpulse mit dem Oszilloskop und konnte feststellen, daß der positive Rückschlagimpuls fehlte.

Als Fehlerursache ermittelte ich den im *Bild* gekennzeichneten Kondensator, der den Impuls stoppte.

Michael Kreil



Der 680-pF-Kondensator hatte an Kapazität verloren. Der positive Zeilenrückschlagimpuls fehlte daher

Schaltungen für die Modellfernsteuerung

Grundschaltungen mit IS günstig verwirklicht. 8., völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage von „Transistorschaltungen für die Modellfernsteuerung". 140 Seiten mit 105 Abbildungen und 12 Tabellen. Kart. 7.80 DM. (RPB electronic taschentuch Nr. 93) Franzis-Verlag, München.
ISBN 3-7723-0938-0

Neue integrierte Schaltungen, insbesondere in CMOS-Technologie, lassen bestimmte Funktionen der Fernsteuertechnik vorteilhafter verwirklichen als bisher. Deshalb liegt auch hier der Schwerpunkt dieser Auflage. Das Buch entspricht damit dem aktuellen Stand der Technik.
Der Trend bei Fernsteueranlagen geht zwar zu industriell hergestellten Fertiganlagen, doch ist die Freude am Selbstbau immer noch recht groß. Vor allem für die Selbstbauer ist das erste Kapitel über die Bestimmungen für Modellfernsteuerungen besonders nützlich. Nach einer Zusammenfassung der wichtigsten technischen Grundlagen, die jeder Fernsteurer wissen sollte, folgt eine Aufstellung und Beschreibung gebräuchlicher Bauteile, angefangen bei Transistoren, weiter mit integrierten Schaltungen und frequenzbestimmenden Bauelementen.
Es folgen Beschreibungen kompletter Fernsteueranlagen, reichlich bebildert und auch mit Oszillogrammen versehen, die für einen Nachbau eine gute Hilfe sind. Ein besonderes Kapitel ist einigen Spezialschaltungen gewidmet, die auch überwiegend mit ICs realisiert sind.
Am Schluß befindet sich ein Literaturverzeichnis für diejenigen, die sich noch weiter informieren wollen; und – für den Selbstbauer fast lebenswichtig – ein Bezugsquellennachweis für alle benötigten Bauteile.
Die jahrelange Erfahrung des Autors auf diesem Gebiet schlägt sich in dem Band nieder. Er bietet Fortgeschrittenen und Anfängern gleichermaßen viele Hinweise für die praktische Arbeit. Scho.

Programmieren von Taschenrechnern

Band 5: Programm-Optimierung für AOS-Taschenrechner. Von Hans Joachim Ludwig. 1. Auflage, 102 Seiten, kart. 19,80 DM. Vieweg-Verlag, Wiesbaden.
ISBN 3-528-04159-5

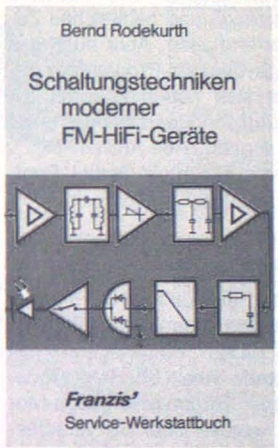
Wer sich regelmäßig die in Zeitschriften veröffentlichten Programme für Taschenrechner ansieht, wird zugeben, daß oft noch erhebliche Verbesserungen oder Vereinfachungen des Programmablaufes möglich sind. Der Autor beschreibt hier konkrete Methoden, wie man „einigermaßen" optimale Programme erstellen kann. Dazu gehört schon in der Anfangsphase eine möglichst exakte Problemdefinition, aber auch eine genaue Kenntnis der Rechnereigenschaften. Besonderer Wert wird auch auf die Bedienerfreundlichkeit gelegt, die auch ohne Drucker-Dialogbetrieb durch sinnvolle Eingabeprozeduren erreicht werden kann. Damit eventuelle spätere Programmänderungen überhaupt erst möglich werden, ist auch auf einen sinnvollen, überschaubaren Ablauf zu achten. Schließlich enthält das Buch wertvolle Hinweise auf die Optimierung hinsichtlich kurzer Rechenzeit und geringen Speicherbedarf. Es wendet sich an Studenten, Lehrer und Schüler der Sekundarstufe II und den interessierten Laien. Als „Hardware-Grundlage" dient die Rechnerfamilie TI-57/58/59. Fe.

Fachwörterbuch des Nachrichtenwesens

Herausgegeben von Ing. (grad.) Heinz Pooch; Redaktion: Rüdiger Schlotau, Jörg Heydel, Heinz Pooch; Autoren: 27 Bearbeiter aus allen Fachbereichen. 2., erweiterte und überarbeitete Auflage, 380 Seiten, 4360 Stichwörter. Kart. 48 DM. Fachverlag Schiele & Schön GmbH, Berlin.
ISBN 3-7949-0329-3

Die erste Auflage dieses Fachwörterbuches war rasch vergriffen; der Verlag entschloß sich jedoch nicht zu einem unveränderten Neudruck, sondern veranlaßte eine Überarbeitung von Grund auf. Das erweiterte Autorenteam setzt sich ausschließlich aus Spezialisten des FTZ und des PTZ der Bundespost zusammen.
Beibehalten wurde die sinnvolle Ergänzung der deutschen Stichwörter durch die entsprechenden englischen Fachbegriffe, neu ist ein Englisch-Deutsches Stichwörterverzeichnis, das alle englischen Begriffe in alphabetischer Reihenfolge mit deutscher Übersetzung enthält, die im Hauptteil erwähnt sind. Diese zweite Auflage enthält neu vor allem solche Begriffe, die wegen des raschen Fortschrittes der Technik erst in allerletzter Zeit eingeführt wurden oder in der Einführung begriffen sind. -r

Schaltungstechniken moderner FM-HiFi-Geräte



Die HiFi-Empfangstechnik mit Funktionsbeschreibung, Schaltungstechnik und Service. Von Bernd Rodekurth. 142 Seiten mit 76 Abbildungen. Lwstr-kart. 26 DM. Reihe: Franzis-Service-Werkstattbuch. Franzis-Verlag, München.
ISBN 3-7723-6641-4

Mit einfachen Worten wird hier vom Autor in leichtverständlicher Form die Funktion moderner FM-Empfänger dargestellt. Er geht in diesem Buch einen geradlinigen Weg, beginnt mit dem Wesen einer elektromagnetischen Schwingung, beschreibt die Ausbreitung dieser Wellen bis hin zur UKW-Empfangsantenne und gelangt über das Thema „Antennenleitung" zum Empfänger. Dieser wird vom Antennen-Eingang bis zur Endstufe in einzelne Stufen aufgegliedert und anhand zahlreicher Block-, Funktions- und Prinzipschaltbilder unter Verwendung der z. Z. angewandten Techniken beschrieben. Das anschließende Kapitel wendet sich dem Wohnbereich mit seinen raumakustischen Problemen und der Funktionsweise von Lautsprechern zu. Dieses Buch ist sicherlich ein Gewinn für jeden technisch interessierten Leser. Au.

Neue Druckschriften

Im **Gesamtkatalog** von Dahms-Elektronik sind auf über 670 Seiten aktive und passive elektronische Bauelemente aufgeführt. Ferner sind Bücher, Werkzeuge und zahlreiches Zubehör enthalten. Aber auch das Philips-Bausatz-Programm befindet sich neben anderen mit ausführlicher Beschreibung unter den angebotenen Artikeln.
(Dahms-Elektronik GmbH, Postfach 1120, 6806 Viernheim)

□

Auf 16 Seiten enthält der Katalog von **Calex** Informationen über die von dieser Firma gefertigten **Netzteile.** Allein bei den vergossenen Stromversorgungs-Moduln werden über 50 verschiedene Typen vorgestellt.
(nbn Distributor, Bergerstraße 15, 8136 Starnberg/Percha)

□

Ein neues 440 Seiten umfassendes **Datenbuch für COSMOS-Speicher, Mikroprozessoren und Entwicklungssysteme** ist jetzt von der RCA GmbH erhältlich und erweitert damit die Serie der Datenbücher. Es schließt technische Daten, Applikationsnoten, Block-Diagramme, Cross-Reference-Informationen, Bedienungsanweisungen und Bestellinformationen für die ersten der CDP-1800-Serie der Cosmac-Mikroprozessoren nebst seinen begleitenden Speichern und Peripherie-Elementen, der MWS-5000- und CD-4000-Serie für allgemeine Speicher, der CDP-18S600-Serie des Cosmac-Microboard-Computer-Systems und der CDP-18S000-Serie der Cosmac-Mikroporzessor-Entwicklungssysteme mit ein. Die Daten kombinieren technische Parameter, elektrische Charakteristiken, Größenordnungen und Anwenderinformationen.
Das neue SSD-260-Datenbuch kann von den RCA-Distributoren, Alfred Neye Enatechnik, Beck, Elkose, Sasco, Spoerle und RTG oder bei der RCA GmbH, Justus-von-Liebig-Ring 10, 2085 Quickborn, durch Einsenden eines Verrechnungsschecks für 15 DM bestellt werden.

□

Der Phywe-Katalog über Lehrsysteme und Experimentiergeräte bringt auf 340 Seiten für die Aus- und Weiterbildung konzipierte Geräte, Literatur und Einrichtungsvorschläge für technische Fachräume. Der unter der Bezeichnung **Technik-Katalog** erhältliche Helfer für Fachpädagogen und Ausbilder zum Planen und Ergänzen von Ausbildungseinrichtungen der mechanischen Meß- und Prüftechnik, Werkstoffkunde und Werkstoffprüfung, Kunststofftechnik, Fertigungstechnik, Maschinenkunde, Kraftfahrzeugtechnik, Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik ist nach Sachgebieten geordnet und zeichnet sich durch einen ausgewogenen Verbund von Experimentiergeräten und zweckmäßiger Aufbewahrung aus. Abgebildete Versuchsanordnungen demonstrieren Einsatz und Verwendungszweck der Geräte. Der Katalog ist kostenlos erhältlich von Phywe, Postfach 665, 3400 Göttingen.

□

Ein 12seitiger Katalog von Wisi enthält die Beschreibungen von **Kabelsteckern, Kabelabfangungen und Kabelkupplungen im Baukastensystem.** Der dreisprachige Katalog (deutsch, englisch und französisch) beschreibt die Vorteile des Wisi-Kombisystems, bei dem alle Normköpfe an sämtliche Kabelabfangungen gerade oder winklig montiert werden können. Dadurch kann einfach und schnell von einer auf die andere Steckernorm durch Austausch der Normköpfe übergegangen werden. Auch die Umstellung von geraden Steckern auf Winkelstecker bereitet keine Schwierigkeiten, wenn es die Betriebserfordernisse verlangen.
(Wilhelm Sihn jr. KG, Postfach 1220, 7532 Niefern-Öschelbronn)

□

Eine Broschüre, die einen Überblick über **Ringkernbauelemente** gibt, ist von Talema Elektronik erhältlich. Der Katalog ist in fünf Abschnitte gegliedert: Standard-Lagertypen, Kunden-Standards, Sondertransformatoren, Speicherdrosseln und allgemeine technische Hinweise. Dieser Ausschnitt aus dem Gesamtlieferprogramm soll dem Techniker eine Hilfe bei der Auswahl der geeigneten Ringkernbauelemente sein.

(Talema Elektronik GmbH, Bahnhofplatz 20, 8034 Germering)

□

In einer 6seitigen **Produktinformation** von Fairchild sind die wichtigsten Informationen über die CMOS-B-Digitalfamilie zusammengefaßt. Behandelt werden CMOS-Charakteristiken im Vergleich mit anderen Logikfamilien, CMOS-Einsatzkriterien, wichtige Merkmale der CMOS-B-Isoplanar-Silicon-Gate-Technologie, das aktuelle Fairchild-Lieferprogramm mit einer Auswahl der interessantesten Typen, wie adressierbare Latches, RAMs, 16 x 4-bit-Fifo, 4 x 64-bit-Schieberegister, programmierbare Bitraten-Generatoren und analoge Multiplexer.

Ein Abschnitt informiert über Zuverlässigkeitsprogramme und Lebenserwartung von CMOS-Bausteinen. Weiterhin sind die wichtigsten Richtlinien für Umgang und Entwicklung mit CMOS enthalten.

Die CMOS-Produktinformation ist erhältlich über Fairchild Vertragshändler oder von der Fairchild (Deutschland) GmbH, Daimlerstraße 15, 8046 Garching.

Funkschau

Impressum, Fortsetzung von Seite 14

Anzeigen Auslandsvertretungen:
Schweiz: Exportwerbung, Neptunstraße 20, CH-8032 Zürich, Tel.: 01-47 46 90, telex 53 327 – **United Kingdom:** Publicitas Ltd., 525/527 Fulham Road, London SW6 1 HF, phone: 01-3 85 77 23, telex: 919 223 almilon – **Japan:** International Media Ltd., 1, Shiba-Kotohiracho, Minatoku, Tokyo, phone: 502-06 56, telex: J 22 633 – **Korea:** International Marketing Corp., C.P.O. Box 6533, Seoul, Korea, phone: 74 75 35 – **USA:** INTA Advertising, Inc., 1560 Broadway, New York, N. Y. 10036, phone: (212) 575-92 92 – California: Elmatex international, P.O. Box 34 607, Los Angeles, Calif. 900 34, Tel. (2 13) 8 21-85 81.

Bezug Auslandsvertretungen:
Belgien: Internationaal Persagentchap PVBA, Karel Govaertsstraat 56–58, Deurne-Antwerpen. – **Dänemark:** Jul, Gjellerups Boghandel, Kopenhagen K., Solvgade 87. – **Niederlande:** De Muiderkring N. V., Bussum, Nijverheidswerf 17-19-21. – **Österreich:** Fachbuch Center Erb, 1061 Wien, Amerlingstr. 1. – **Schweiz:** Verlag Thali AG, Hitzkirch (Luzern). – **Frankreich:** Librairie Parisienne de la Radio, 43, rue de Dunkerque, F-75010 Paris.

Die in der Zeitschrift veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder andere Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsanlagen, verwendbare Sprache übertragen werden.
Auch die Rechte der Wiedergabe durch Vortrag, Funk- und Fernsehsendung, im Magnettonverfahren oder ähnlichem Wege bleiben vorbehalten.
Fotokopien für den persönlichen und sonstigen eigenen Gebrauch dürfen nur von einzelnen Beiträgen oder Teilen daraus als Einzelkopien hergestellt werden. Jede im Bereich eines gewerblichen Unternehmens hergestellte oder benützte Kopie dient gewerblichen Zwecken gem. § 54 (2) UrhG und verpflichtet zur Gebührenzahlung an die VG WORT, Abteilung Wissenschaft, Goethestraße 49, 8000 München 2, von der die einzelnen Zahlungsmodalitäten zu erfragen sind.

© 1980 Franzis-Verlag, München

Bei Erwerb, Errichtung und Betrieb von Empfängern, Funksprechgeräten, drahtlosen Mikrofonen und anderen Funkanlagen in der Bundesrepublik Deutschland sind die geltenden gesetzlichen und postalischen Bestimmungen zu beachten.

Für Bauanleitungen, Schaltungen und Programme in der FUNKSCHAU zeichnen die Verfasser bzw. Entwickler verantwortlich. Die Redaktion hat die Manuskripte, Schaltungen und Programme mit größter Sorgfalt geprüft, kann aber für Fehler im Text, in Schaltbildern, Aufbauskizzen, Stücklisten, Programm-Listings usw., die zum Nichtfunktionieren oder evtl. zum Schadhaftwerden von Bauelementen führen, weder eine juristische Verantwortung noch irgendeine Haftung übernehmen.

Sämtliche Veröffentlichungen in der FUNKSCHAU erfolgen ohne Berücksichtigung eines eventuellen Patentschutzes, auch werden Warennamen ohne Gewährleistung einer freien Verwendung benützt.

Chiffre-Zuschriften dürfen sich nur auf den Inhalt der betreffenden Anzeigen beziehen. Zuschriften, die wir als Werbesendungen erkennen, werden nicht weitergeleitet.